# COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

# DES SÉANCES

# DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS ET Cie, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55.

# COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

# DES SÉANCES

# DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

PUBLIÉS,

CONFORMÉMENT A UNE DÉCISION DE L'ACADÉMIE

EN DATE DU 13 JUILLET 1835,

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

## TOME CENT-SOIXANTE-TROISIÈME.

JUILLET — DÉCEMBRE 1916.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS et Cie, IMPRIMEURS-LIBRAIRES

DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

Quai des Grands-Augustins, 55.

1916

# COMPTES RENDUS

## DES SÉANCES

## DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

### SÉANCE DU LUNDI 3 JUILLET 1916.

PRÉSIDENCE DE M. CAMILLE JORDAN.

### MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MÉDECINE. — *Électro-vibreurs puissants marchant sur courant faible, continu ou alternatif. Électro-vibreur à résonance.* Note [1] de M. J. BERGONIÉ.

Dans une Note précédente [2], j'ai montré que les puissances électriques vraies, absorbées par les électro-vibreurs puissants, les seuls utilisables pour déceler et extraire les projectiles profonds, oscillaient entre 550 et 950 watts; mais, à cause de l'énorme self de ces appareils et du décalage entre l'intensité et la force électromotrice, l'intensité du courant doit être assez élevée et ne doit guère descendre au-dessous de 60 ampères pour 200 à 220 volts aux bornes. Ces intensités élevées, auxquelles il n'y a pas moyen d'échapper quoi qu'on fasse, si l'on veut conserver toute l'utilité de

(1) Séance du 26 juin 1916.
(2) *Comptes rendus*, t. 161, 1915, p. 535.

l'appareil et ne pas employer des électro-vibreurs insuffisants, comme ceux que j'ai construits moi-même, au début, comme ceux que l'on a essayé de faire depuis, sont quelquefois gênantes pour les canalisations existantes.

Pour supprimer ou diminuer la self qui empêche d'augmenter les ampères-tours, en augmentant les tours de fils de l'excitation, la maison Gallot a construit un électro-vibreur de résonance, dans lequel une capacité et la self de l'électro-vibreur se compensent et suppriment le décalage, d'où diminution considérable de l'intensité pour une même puissance.

Si l'on associe en effet à une self-induction, telle que celle de l'électro-vibreur, un condensateur qui aura pour capacité

$$C = \frac{1}{\omega^2 L},$$

on sait que l'effet de cette capacité annihile celui de la self, de sorte que le courant alternatif traverse l'ensemble, comme si les valeurs de self et de capacité étaient nulles; seule la résistance ohmique limite l'intensité du courant qui traverse l'enroulement. On peut alors augmenter le nombre de spires et, par conséquent, les ampères-tours, et avoir, avec des intensités peu élevées, des effets magnétiques extrêmement intenses.

A titre d'exemple, un électro-vibreur à résonance ainsi construit, fonctionnant sur alternatif 110 volts 42 périodes, prend 7,5 ampères, et son action magnétique est exactement la même que celle d'un électro-vibreur ordinaire sans capacité, avec une intensité de plus de 100 ampères.

Enfin, chose plus importante encore au point de vue pratique, l'emploi de l'électro-vibreur avec un interrupteur à mercure sur courant continu, qui n'était pas possible, toujours à cause de ces hautes intensités, devient aujourd'hui facile avec l'électro-vibreur à résonance. Ce dernier appareil permet, en effet, de remplacer la commutatrice lourde, encombrante, bruyante et coûteuse, par un simple interrupteur à turbine, du genre Blondel, que la maison Gallot a mis au point.

En résumé, aujourd'hui, l'électro-vibreur peut fonctionner par ce nouveau montage, qui en fait un appareil à résonance, sur courant alternatif, avec au plus 10 ampères d'intensité et, sur courant continu, grâce à un interrupteur de résonance, avec la même intensité. Ces nouveaux appareils ont la même puissance que les plus puissants décrits dans ma Note de novembre 1915.

## ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Correspondant pour la Section d'Anatomie et Zoologie, en remplacement de M. *Waldeyer*.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 37,

| | | |
|---|---|---|
| M. Boulenger obtient | .......... | 34 suffrages |
| M. Grasset » | .......... | 3 » |

M. Boulenger, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est élu Correspondant de l'Académie.

## CORRESPONDANCE.

M. E.-D. Morat, élu Correspondant pour la Section de Médecine et Chirurgie, adresse des remercîments à l'Académie.

La Commission sismologique de l'Académie impériale des Sciences de Petrograd fait part de la perte douloureuse qu'elle vient d'éprouver en la personne du Prince *B. Galitzine*, Président de l'Association internationale de Sismologie.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° H. Andoyer. *Nouvelles Tables trigonométriques fondamentales* (*valeurs naturelles*). Tome deuxième. Ouvrage publié à l'aide d'une subvention accordée par l'Université (Fondation Commercy).

2° Les fascicules 3 et 4 (Tome deuxième) de la *Flore générale de l'Indo-Chine*, publiée sous la direction de M. H. Lecomte (*Cœsalpinées, Papilionées*, par M. F. Gagnepain).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Étude de l'intégrale générale de l'équation* (VI) *de M. Painlevé dans le voisinage de ses singularités transcendantes.* Note de M. **René Garnier**, présentée par M. Hadamard.

1. Dans ma Note précédente ([1]) j'ai indiqué comment la méthode des approximations successives, appliquée à l'équation (VI) de M. Painlevé, fournit des expressions analytiques $\lambda(t)$, satisfaisant à (VI), et valables dans des secteurs indéfinis du plan $T = \log t_0^{-1} t$ (où $|t_0^{-1} t| < 1$). Or ce résultat est en défaut dans deux cas importants : lorsque les conditions initiales sont telles que le trinome $P(\lambda)$ a une racine double $h$, ou est identiquement nul. Mais, dans ces deux cas, on peut encore obtenir pour (VI) des caractéristiques que j'appellerai *de la première espèce, du type exceptionnel et de la première* (*ou de la deuxième*) *sorte.* Bornons-nous à définir celle de la première sorte qui correspondent au premier des deux cas précédents.

2. Ce cas ne peut être réalisé que si la quantité $s$ de ma Note précédente est égale à l'une des expressions $\sigma = \pm\sqrt{4(a+b+c+d+1)} \pm \sqrt{4b+1}$. Posons alors $\lambda = h + \nu$; $\nu$ vérifiera une équation de la forme

$$t^2\nu'' + t\nu' - \sigma^2\nu = \alpha_1\nu^2 + \beta_1 t\nu + \alpha_2 t^2\nu'^2 + \beta_2 t\nu' + t\gamma, \tag{1}$$

où les coefficients du second membre sont holomorphes pour $|t|$ et $|\nu|$ suffisamment petits. Cela étant, une suite d'approximations analogues à celles qu'on définira bientôt montre que, *pour $\sigma$ différent d'un entier réel,* (1) *admet une intégrale holomorphe* $\varpi(t)$, nulle avec $t$ [$\sigma^2$ pouvant prendre deux valeurs, il existera donc, pour (VI), *deux* intégrales holomorphes pour $t = 0$]. Faisons alors $\nu = \varpi(t) + \rho$; $\rho$ vérifiera une équation (1'), analogue à (1), mais dont le second membre, $\Phi(\rho', \rho, t)$, est dépourvu de terme en $t\gamma$. Posons enfin $\rho_0 = At^\sigma$ (A est une constante arbitraire, et la détermination de $\sigma$ n'est pas négative pour $\sigma^2$ réel) et

$$\left\{\begin{array}{l} 2\sigma\rho_{n+1} = t^\sigma \displaystyle\int_0^t t^{-\sigma}\Phi(\rho'_n, \rho_n, t)\,dt - t^{-\sigma}\int_0^t t^\sigma \Phi(\rho'_n, \rho_n, t)\,dt + 2A\sigma t^\sigma \\ \qquad\qquad (n = 0, 1, \ldots). \end{array}\right. \tag{2}$$

On démontre aisément que, $t$ tendant vers zéro suivant un chemin $\mathfrak{C}$ convenablement choisi, les approximations (2) convergent régulièrement

([1]) *Comptes rendus*, t. 162, 1916, p. 939.

(pour $|t_0|$ assez petit et $|A|$ borné) vers une intégrale de (1'). Les caractéristiques obtenues sont telles que $\lambda - h : At^\sigma$ et $t\lambda' : \sigma A t^\sigma$ tendent uniformément vers 1 quand $\mathfrak{S}$ appartient à un certain domaine; *elles diffèrent donc profondément des caractéristiques du type général;* alors que celles-ci admettaient $t = 0$ comme point *essentiel*, les caractéristiques du type exceptionnel admettent $t = 0$ comme point *transcendant.*

Si les paramètres $a$, $b$, $c$, $d$ de (VI) sont tels que $\sigma$ soit entier, on peut seulement affirmer que (1) possède une solution $\varpi_1(t)$, holomorphe en $t$ et $t\log t$; une théorie analogue s'appliquerait encore. Mais, si $a$, $b$, $c$, $d$ satisfont à une seconde relation, $\varpi_1(t)$ est holomorphe en $t$, et (VI) *admet alors une infinité (continue) d'intégrales holomorphes pour* $t = 0$.

3. Une analyse exactement pareille permettrait de construire des caractéristiques de *seconde* espèce (du type général ou exceptionnel); donnons seulement leur définition. Posons

$$\overset{*}{\lambda} = \frac{\lambda}{t} \qquad \text{et} \qquad \overset{*}{\alpha} = \alpha - \frac{t(t-1)}{2(\lambda - t)}\lambda' - \frac{2\lambda - 1}{2};$$

à toute caractéristique de seconde espèce correspond un nombre $\omega$ ($0 \leqq \omega < 1$) tel que, $t$ tendant vers zéro, suivant un chemin correspondant à un rayon du plan T, $|\overset{*}{\lambda} t^\omega|$ reste borné (inférieurement et supérieurement); de plus, $\overset{*}{\alpha}$ tend vers une limite finie $\overset{*}{\alpha}_0$.

4. Abordons maintenant la seconde phase de notre problème : il s'agit de démontrer qu'*il n'existe pas d'autres caractéristiques* que les précédentes. Je me bornerai à esquisser rapidement la méthode.

Soit $\lambda(t)$ une intégrale *quelconque* de (VI); je démontre qu'on peut trouver, arbitrairement près de zéro, des points $t_i$ pour lesquels la fonction $\alpha(t)$ [ou $\overset{*}{\alpha}(t)$], associée à $\lambda(t)$, est de module borné. Or, *supposons que* $\alpha$ *(ou* $\overset{*}{\alpha}$*) ne tende pas vers une valeur exceptionnelle*, correspondant à $s = \sigma$; en calculant $\frac{\partial \alpha}{\partial \alpha_0}$ (par approximations successives) je montre qu'on peut construire une caractéristique de première espèce (par exemple), prenant en $t_i$ (suffisamment près de zéro) les valeurs $\lambda(t_i)$ et $\alpha(t_i)$; dès lors, elle coïncide nécessairement avec l'intégrale proposée.

5. Jusqu'ici, et comme il était à prévoir, la méthode reproduit, dans ses grandes lignes et avec des complications inévitables, la méthode employée

par M. Painlevé pour étudier toutes les intégrales de (VI) en $t_0 (\neq 0, 1, \infty)$. Par contre, si $\lambda(t)$ est tel que $\alpha$ [ou $\breve{\alpha}$] tende vers une valeur exceptionnelle, *la méthode de M. Painlevé devient complètement inapplicable*. Indiquons l'esprit du raisonnement en supposant que $\alpha$ tende vers une valeur exceptionnelle de la première sorte. Il n'y a de difficulté que si $\lambda - h$ tend vers o, et de telle façon que, quelque petit que soit $\varepsilon$, $|t^{-\varepsilon}(\lambda - h)|$ et $|t^{1-\varepsilon}\lambda'|$ ne restent pas bornés. Pour écarter cette hypothèse, j'écris que $\lambda - h - \varpi(t)$ vérifie l'équation intégrale (E), déduite de (2) par la suppression des indices et la substitution de $t^0$ à o comme limite inférieure de l'une des intégrales (qui, *a priori*, pourrait être dépourvue de sens); puis, je démontre le lemme suivant :

Soient $f(x)$ et $g(x)$ deux fonctions positives, continues pour $0 \leqq x < 1$ et nulles avec $x$; de plus, $g(x)$ est croissante, et, pour $x = 0$, la plus grande des limites du rapport $r(x) = f(x) : g(x)$ est $+\infty$; cela étant, il existe une infinité de points $\xi$, ayant o comme point d'accumulation, et tels qu'en $\xi$ on ait *à la fois* $f(x) < f(\xi)$ $[x < \xi]$ et $r(x) < r(\xi)$ $[\xi < x]$, *quel que soit* $x$ (satisfaisant aux conditions indiquées).

Appliqué à (E), ce lemme me permet de démontrer qu'il existe, arbitrairement près de o, *une infinité de points* en lesquels $|t^{-\sigma}(\lambda - h)|$ et $|t^{1-\sigma}\lambda'|$ sont bornés; dès lors, en me servant de (E), j'établis qu'il en est de même *tout le long* de $\mathfrak{C}$, et un raisonnement classique dans l'intégration des équations différentielles par approximations successives montre alors que l'intégrale se confond nécessairement avec l'une des caractéristiques obtenues.

GÉOGRAPHIE BOTANIQUE. — *Les forêts submergées de Belle-Ile-en-Mer.* Note de M. **Émile Gadeceau**, présentée par M. Edmond Perrier.

Dans mon *Supplément à l'Essai de Géographie botanique sur Belle-Ile-en-Mer*, je signalai, sur divers points de la côte, la présence de forêts submergées et je donnai une liste des graines, déterminées par M. Clément Reid, extraites des tourbes de l'Anse du Vieux-Château qui m'avait été communiquée par le R. P. Le Gallen, ancien maire de Sauzon.

De nouvelles fouilles, effectuées depuis, ont mis à ma disposition de nouveaux matériaux, plus abondants que les premiers. Ils ont été étudiés par moi avec le concours obligeant de MM. Reid de Londres et Ph. Guinier de Nancy.

Le banc de tourbe qui nous occupe se trouve situé à l'extrémité nord-ouest de l'île, au lieu dit : Port du Vieux-Château ou Bortifaouen (en breton : la borde du hêtre). Ce port se compose de deux bassins ayant une commune embouchure : Ster-Voën (la rivière étroite) et Ster-Vras (la grande rivière). C'est à cette embouchure qu'est située la forêt submergée.

Le banc de tourbe s'étend au milieu de l'Anse, sous une couche de sable et de galets de quartz. Il ne découvre qu'aux basses mers des grandes marées. La tourbe repose sur des schistes cristallins dont la décomposition produit une couche d'argile constatée sur le côté sud de l'Anse, là où la couche de tourbe va en diminuant à mesure qu'on s'écarte du milieu.

La roche dominante de l'île se rattache aux Phyllades de Saint-Lô ($\chi$) avec des schistes gneissiques ($\chi\xi^1$), alternant avec les schistes séricitiques. On a fouillé au niveau des plus basses marées et en remontant jusqu'à $6^m$ à $8^m$ sur la plage qui est en pente sensible. En certains endroits, on est allé jusqu'à $1^m$ ou $1^m,50$ de profondeur. La profondeur de l'eau va de $0^m$ à $3^m$ ou $4^m$ au-dessus de la tourbe visible à mi-marée.

On n'a trouvé jusqu'ici, dans ces tourbes, aucun objet permettant de les dater; je crois devoir, néanmoins, signaler la découverte d'un crâne humain et d'un gros caillou; celui-ci appartient au système géologique de l'île : c'est une granulite; sa forme et les cavités qu'il présente permettent de le tenir très facilement en main pour s'en servir comme d'instrument contondant.

Le crâne était incrusté dans le terrain noir et semblait en faire partie. Soumis à l'examen de MM. les professeurs Boule et Verneau, il a donné lieu aux observations suivantes : par sa teinte brunâtre et par les rugosités visibles surtout sur l'un des pariétaux, il présente bien l'aspect extérieur habituel de ces crânes des tourbières. On possède seulement les deux pariétaux et l'écaille occipitale : sutures disjointes, os très remarquables par leur peu d'épaisseur, pariétaux très saillants et bosses pariétales offrant un grand développement. On remarque aussi un bombement très prononcé à l'occiput dans le triangle supérieur de l'écaille, au-dessus de la protubérance occipitale.

Malheureusement, les savants spécialistes susnommés déclarent que « ce crâne est trop incomplet et appartient à un sujet trop jeune pour qu'il soit possible d'en tirer aucune donnée ethnique ».

Je me contenterai, dans la présente Note, d'exposer les déductions que je crois pouvoir tirer de la comparaison de cette flore fossile avec la flore naturelle de l'île, telle qu'elle est exposée dans mon *Essai*.

L'examen de la liste ci-jointe des graines déterminées par M. Reid fait apparaître, tout d'abord, l'absence absolue de toutes les plantes de l'ouest de la France et de toutes ces espèces méridionales dont j'ai pu donner une liste de cinquante-quatre espèces croissant actuellement dans l'île. L'élément septentrional y est seul représenté et, comme l'a écrit M. Reid, il n'y a rien là qui puisse distinguer cette flore fossile de la flore actuelle des districts maritimes du nord de l'Angleterre.

L'absence de toute espèce halophile (littorale ou paludéenne) est aussi très remarquable. Elle acquiert un surcroît d'intérêt par la détermination des Diatomées fossiles due à M. le Dr Forti, de Vérone. Ces Diatomées appartiennent, pour la plupart, aux genres *Pinnularia* et *Epithamia;* on voit aussi des spicules de Spongiaires (*Euspongella lacustris*), le tout faisant partie des formations typiques d'eau douce. Rien ne trahit la pénétration de la mer, ni même celle d'eaux plus ou moins saumâtres.

Enfin, je dois insister sur la prédominance des Hygrophiles et même des Hydrophytes, habitant les eaux douces, à courant très faible (*Potamogeton natans*) dominant; *Myriophyllum spicatum; Scirpus lacustris*, etc. (vingt-trois espèces sur trente-neuf déterminées); cette prédominance est d'autant plus frappante que le caractère essentiel de la flore actuelle est, au contraire, la rareté des Hygrophiles et la prépondérance des Xérophiles, ainsi que je l'ai montré dans mon *Essai*.

Douze des espèces de la liste ci-après n'existent plus dans l'île; huit sont des Hygrophiles, quatre sont des Sylvicoles.

En résumé, nous sommes en présence de forêts submergées dans une région où les arbres ne peuvent aujourd'hui subsister que grâce à des abris habilement ménagés et le changement survenu dans les conditions climatiques est rendu indubitable par la prédominance des Hygrophiles coïncidant avec l'absence totale de l'élément méridional et même occidental. Ces forêts devaient être marécageuses et assez distantes de la mer pour que l'influence saline ne s'y fît pas sentir. Les graines de plantes des buissons, du bord des rivières : *Rubus fruticosus; Solanum Dalcamara; Iris Pseudo-Acorus;* les amas compacts de feuilles d'Aulne et de Saule ont dû être charriés par des cours d'eaux.

L'existence de forêts marécageuses sous-marines sur le littoral de la Manche et de l'Océan a été signalée depuis longtemps, notamment par de Quatrefages, Durocher, Geslin de Bourgogne, Ch. Barrois, etc. Peu de temps après mes premières recherches à Belle-Ile, M. le professeur Jules Welsch, de Poitiers, a communiqué à l'Académie une série d'explorations des gise-

ments de tourbes sous-marines du Croisic (Loire-Inférieure) se reliant ainsi à ceux de Belle-Ile et de divers points de la côte de Vendée et du Médoc. Il conclut que tous ces gisements sont du même âge. Mais à quel âge doit-on les rattacher?

L'absence de tout matériel susceptible de les dater ne permet pas encore de conclure, sur ce point. Il serait désirable que de véritables fouilles puissent être entreprises à Belle-Ile.

La présence de l'homme est attestée là par le crâne humain et par les débris de charbon (provenant d'essences qui ne vivent plus dans l'île), peut-être aussi par le caillou de granulite.

En Angleterre on appelle ordinairement toute cette série d'alluvions préhistoriques : *néolithique*, mais le caractère septentrional de la flore fossile de Belle-Ile suggère l'idée d'une antiquité plus grande. Dans les forêts les plus basses des côtes anglaises et par suite les plus anciennes, tout à fait comparables à celles qui nous occupent, on n'a trouvé que des silex éclatés; aussi M. Reid incline-t-il à croire que nous nous trouvons plutôt ici en présence du Paléolithique.

De plus, l'absence de l'influence saline nous conduit à supposer que cette flore pourrait remonter à l'époque où Belle-Ile n'était pas séparée du continent. Un léger changement de niveau n'aurait pu produire qu'une très faible différence dans la ligne côtière. Il faut, pour expliquer cette flore des vallées de l'intérieur, admettre qu'un changement de niveau d'au moins 20$^{m}$ se soit produit, correspondant aux plus basses forêts submergées de l'Angleterre (C. Reid, *in litt.*).

*Liste des graines et débris végétaux relevés dans les tourbes sous-marines de Ster-Vras :*

*Batrachium aquatile* L. (3 espèces); *Ranunculus tardens* Crantz; *R. repens* L.; *Raphanus maritimus* Sm.; *Silene gallica* L.; *Vitis vinifera* (une graine non mûre); † *Rhamnus Frangula* L. (graine et débris de branches); *Prunus spinosa* L. (graine, fragments et rameau); *Rubus fruticosus* L.; *Potentilla* sp.; *Rosa* sp.; † *Pirus malus* L. (graine plus un fragment de bois d'un *Pirus* indéterminable); † *Myriophyllum! spicatum* L.?; *Hydrocotyle vulgaris* L.; *Œnanthe silirifolia* Bieb.; *Sambucus nigra* L.; *Galium* sp.; *Sonchus! oleraceus?; S. asper*. All.; † *S. palustris* L.!; *Solanum Dulcamara* L.; *Mentha aquatica* L.; † *Lycopus europœus* L.; † *Chenopodium rubrum* L.; *Atriplex patula* L.; *Polygonum aviculare* L.; *P. Convolvulus* L.; *Polygonum* sp.; *Rumex* sp.; † *Ceratophyllum demersum* L.; *Ulmus campestris* L. (probable), fragment de bois; † *Quercus! pedunculata* Ehrh? (très probable, fragments de bois et charbon à structure bien conservée); † *Corylus Avellana* L. (fragments et débris : tiges, bois, rameaux); *Salix* sp. (fragments de bois); † *Alnus! glutinosa?* (très probable, fragments de bois, branches, rhytidome, charbon à structure bien conservée :

espèce dominante dans les dépôts; *Iris Pseudo-Acorus* (graines et nombreuses feuilles); *Alisma Plantago* L.; † *Potamogeton natans* dominant!; *P. polygonifolium* Pourr.; *P. crispus* L.; *Ruppia* sp.; *Zannichellia pedunculata* Rchb.; † *Eleocharis uniglumis* Lmk. (graines et feuilles); *Scirpus tabernamontani* Gmel.; *S. lacustris* L.; *Carex* (multiples espèces); *Phragmites communis* L. (feuilles).

Soit 49 espèces dont 39 déterminées sur lesquelles 12 n'existent plus dans l'île (marquées †).

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Observations sur des perturbations électromagnétiques terrestres*. Note (¹) de M. **Albert Nodon**, transmise par M. Wolf.

Un centre d'activité solaire étendu passa sur le bord ouest de l'astre, du 31 mai au 2 juin 1916. Le passage concorda avec de fortes perturbations électromagnétiques, observées à Bordeaux, à l'aide des instruments suivants : 1° un magnétomètre, permettant de déceler de faibles variations dans la composante horizontale du champ terrestre; 2° une boussole-magnétomètre accusant de rapides variations de cette composante; 3° un électromètre protégé par une cage de Faraday relié à la terre. Les perturbations observées furent analogues à celles que nous avions déjà eu l'honneur de signaler à l'Académie des Sciences (²). On constata un accroissement du champ magnétique terrestre, du 31 mai au 2 juin; et la composante horizontale fut, d'autre part, soumise à des variations rapides, du 31 mai au 3 juin. La durée moyenne de chaque oscillation magnétique fut de 5 secondes, avec des variations comprises entre 4 et 7 secondes. Ces perturbations furent surtout accentuées dans la soirée du 1<sup>er</sup> juin. Les durées moyennes des diverses phases du phénomène précédent furent de 2 secondes pour la période d'élongation maxima et de 4 secondes pour la période d'équilibre, suivies d'un rapide retour au zéro.

Les phénomènes *électriques* furent observés à l'aide d'un électromètre à feuille d'aluminium entièrement protégé par une cage de Faraday reliée au sol; la feuille métallique était chargée à un potentiel positif constant. Les variations du potentiel de la cage étaient mises en évidence par les oscillations de la feuille à charge constante; elles furent mesurées au moyen d'une lunette munie d'un micromètre oculaire. Ces variations correspondaient également avec celles de la charge du sol et des couches inférieures de l'air;

(¹) Séance du 26 juin 1916.

(²) *Comptes rendus*, t. 147, 1908, p. 654.

elles étaient comprises entre 50 et 400 volts, pendant la durée moyenne de 6 secondes d'une oscillation complète. Les durées moyennes des diverses phases du phénomène furent de 2 secondes pour l'élongation maxima et de 4 secondes pour la charge stationnaire; avec un brusque retour au zéro. Les trois périodes d'une oscillation électrique complète eurent des durées respectives sensiblement égales à celles d'une oscillation magnétique correspondante; toutefois les oscillations électriques précédèrent les oscillations magnétiques de 2 minutes en moyenne. La grandeur relative d'une élongation magnétique était équivalente à celle d'une élongation électrique correspondante.

D'autre part, l'Observatoire de l'Èbre (Tortosa, Espagne) enregistra de fortes perturbations magnétiques le 30 et le 31 mai, suivies d'une faible perturbation le 1er juin, avec retour au calme le 2 et le 3 juin. Aucun trouble sensible n'y fut enregistré dans le potentiel de l'air aux mêmes dates que précédemment. L'Observatoire de Christiania (Norvège) n'enregistra de son côté aucun trouble magnétique sensible, ni aucune aurore polaire.

Un cyclone d'une grande violence dévasta la Saxe; des tourmentes de neige sévirent dans le nord de la Russie, et des pluies très abondantes provoquèrent des inondations en Algérie aux mêmes dates du 1er et du 2 juin 1916.

Les régions ouest de l'Europe se trouvèrent dans la région anticyclonique pendant toute la durée des perturbations précédentes. On constata, en dernier lieu, un abaissement important de la constante solaire et un refroidissement anormal de la température générale, pendant la durée du passage du centre d'activité dans l'hémisphère invisible du Soleil, du 1er au 15 juin, qui fut suivi d'une élévation brusque de la constante solaire et de la température, dès le retour du centre d'activité au bord est du Soleil à la date du 15 juin. On a également constaté une diminution très sensible de la composante horizontale du champ terrestre à la date du 15 juin.

Il semblerait résulter des faits précédents que le passage du foyer d'activité très étendu dont nous avons parlé, sur le bord ouest du Soleil, a provoqué au début des troubles magnétiques et telluriques qui furent suivis d'un violent cyclone dans l'Europe centrale, dont les effets se manifestèrent depuis la Finlande jusqu'à l'Algérie. Ces troubles atmosphériques donnèrent lieu aux troubles électromagnétiques relatés précédemment, dans la direction E-W, tandis qu'aucun trouble sensible ne fut observé dans les régions polaires boréales.

ZOOLOGIE. — *Une phase nouvelle des Dicyémides.*
Note de M. **Aug. Lameere**, présentée par M. Y. Delage.

La libéralité de l'Académie des Sciences, qui m'a accordé une subvention sur le Fonds Bonaparte, et l'amabilité de M. le professeur Yves Delage, m'ont permis de faire en 1915 et en 1916 de nouveaux séjours à la Station biologique de Roscoff, à l'effet d'y continuer mes recherches sur les Dicyémides. L'un des résultats les plus importants auxquels je suis arrivé est relatif au mode de transmission de ces énigmatiques et célèbres parasites.

On avait jusqu'à présent supposé que l'agent d'infection du Céphalopode était soit l'individu infusoriforme, soit le nématogène primaire issu du nématogène secondaire. Ni l'une ni l'autre de ces hypothèses ne sont fondées.

Dans de toutes jeunes Seiches pêchées en septembre 1915 dans la baie de Penpoull, j'ai découvert à la fois, chez un Dicyémide proprement dit, *Dicyema truncatum* Whitm., et chez un Hétérocyémide, *Microcyema vespa* Ed. van Bened., une phase nouvelle qui précède dans le cycle évolutif le nématogène primaire.

C'est une larve qui pénètre dans le sac urinaire et qui, en se fixant à l'épithélium rénal, se transforme en un individu que j'appellerai *nématogène fondateur :* celui-ci n'offre qu'une seule génération, et il donne naissance à des nématogènes primaires par un processus identique à celui qui préside à la multiplication des individus vermiformes.

La larve a l'aspect général d'un embryon cilié de nématogène de *Dicyema*, et le nématogène fondateur ressemble également à un nématogène, mais il y a *trois cellules axiales* au lieu d'une; le nombre des cellules périphériques est de vingt-huit, dans l'Hétérocyémide comme dans le Dicyémide vrai, c'est-à-dire plus élevé que dans le nématogène primaire; la coiffe polaire est formée de huit cellules; les cellules parapolaires sont trois et non deux; quelques cellules avoisinant ces dernières renferment dans la larve des corpuscules constitués probablement par des réserves nutritives, car ils disparaissent chez le nématogène fondateur.

La présence, dans cette phase des Dicyémides, de trois cellules internes fait ressembler l'organisme à une femelle d'Orthonectide, et cela d'autant plus que ces trois cellules sont disposées bout à bout; en outre, dans le plus jeune stade larvaire que j'aie pu observer, chaque cellule interne est formée, comme chez une femelle d'Orthonectide, uniquement d'une cellule

germe, et c'est cette cellule germe qui donne naissance à ce qu'on appelle *la cellule axiale;* de même d'ailleurs que dans l'embryon des nématogènes primaires et des rhombogènes, c'est la cellule germe primitive qui engendre la cellule axiale, et non l'inverse, contrairement à ce qu'on a cru jusqu'ici.

Toute cellule axiale de Dicyémide est, en effet, constituée par une partie périphérique vacuolisée de la cellule germe primitive, et son noyau, logé dans une des travées sarcodiques résultant de cette vacuolisation, provient de la division du noyau de cette cellule germe. Nous pouvons interpréter ces faits en disant : la cellule axiale est un œuf parthénogénétique, dont la masse principale est la cellule germe primitive, et dont l'unique globule polaire est réduit à un noyau permanent, qui reste sous la membrane vitelline pour former avec la zone périphérique vacuolisée de l'œuf un follicule; la multiplication des cellules germes suivie de leur segmentation est donc un cas de polyembryonie. Les singuliers phénomènes propres aux Dicyémides rentrent, par conséquent, dans l'ordre général des faits biologiques connus, sauf en ce qui concerne la survivance et l'utilisation secondaire du noyau d'un globule polaire.

La larve qui a été le point de départ de ces observations est évidemment l'agent de transmission du parasite. D'où vient-elle? Nous l'ignorons. Tout ce que nous savons, c'est qu'elle n'est engendrée par aucun des individus variés qui se montrent dans les reins des Céphalopodes : il est donc à supposer qu'elle provient d'un hôte différent.

La larve quitterait celui-ci et, en nageant dans la mer, elle arriverait au Mollusque; une multiplication intense du parasite dans les organes urinaires aboutirait à la phase d'infusoriforme, qui permettrait le retour de l'organisme à son premier hôte.

L'infusoriforme n'est pas, en effet, le mâle des Dicyémides : depuis la Communication que j'ai eu l'honneur de faire à l'Académie sur les mâles du *Dicyema typus* Ed. van Bened. du Poulpe et du *Dicyema truncatum* Whitm. de la Seiche, j'ai encore découvert le mâle du *Microcyema vespa* Ed. van Bened.

Il résulte de ces données que les Dicyémides sont, sans aucun doute possible, voisins des Orthonectides, mais que, selon toute probabilité, il n'y a pas lieu de mettre en parallèle, ainsi qu'on l'a toujours fait, ce que nous connaissons du cycle évolutif des Dicyémides avec le cycle évolutif aujourd'hui entièrement connu des Orthonectides.

Il est à présumer que le Dicyémide doit son origine à une femelle d'Orthonectide qui, au lieu de se reproduire dans la mer, aurait pénétré

dans le rein d'un Céphalopode; une seconde vie parasitaire aurait été ajoutée chez les Dicyémides à la vie parasitaire des Orthonectides, et aurait fait reculer dans le cycle évolutif le moment de la fécondation et l'apparition de la phase (larve chez les Orthonectides, infusoriforme chez les Dicyémides) qui en nageant ramène l'organisme à son hôte originel.

C'est ce premier hôte qu'il s'agirait maintenant de découvrir pour compléter l'histoire naturelle des Dicyémides.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'hémochromogène acide.* Note (¹) de MM. **Ch. Dhéré** et **G. Vegezzi**, présentée par M. A. Dastre.

Le corps qu'on désigne sous le nom d'*hémochromogène*, et qu'on obtient soit par dédoublement de l'hémoglobine à l'abri de l'air, soit par réduction de l'hématine en présence de protéines et de certains autres composés azotés, offre, en solution alcaline, une belle couleur rouge cerise et un spectre d'absorption remarquable par sa netteté et son intensité. Cet hémochromogène *alcalin*, qui a été l'objet de nombreux travaux, est bien connu, et son spectre est parfaitement défini. Par contre, l'hémochromogène *acide* n'a été que fort peu étudié jusqu'à présent, et son spectre est encore très mal déterminé.

Le spectre de l'hémochromogène acide fut tout d'abord décrit, par Hoppe-Seyler, comme étant constitué par quatre bandes d'absorption; mais Jäderholm démontrait bientôt qu'il s'agissait là simplement des spectres associés de l'hématine et de l'hématoporphyrine acides. Hoppe-Seyler admit un peu plus tard (1879) que les solutions d'hémochromogène acide, relativement très transparentes pour le rouge et l'orangé jusqu'à D, ainsi que pour le vert bleuâtre, présentent une zone d'absorption diffuse comprise entre D et E et interceptent fortement le bleu et le violet à partir de G inclusivement, sans qu'on puisse apercevoir, à aucune dilution, des bandes d'absorption nettement délimitées.

L'étude du spectre de l'hémochromogène acide n'a été reprise qu'en 1910, par Dilling. Cet auteur a prétendu avoir obtenu un hémochromogène acide par addition de nitrite de potassium à une solution d'hématine acidifiée par l'acide acétique. L'hémochromogène en question, qui n'a été caractérisé que par son spectre, est peut-être, croyons-nous, une combinaison voisine de l'hémochromogène oxynitrique de Linossier.

Voici comment nous préparons l'hémochromogène acide : on introduit dans un tube à essai une toute petite pincée d'hydrosulfite de sodium en poudre (de Kahlbaum), puis on verse doucement (sans agiter), au moyen

(¹) Séance du 26 juin 1916.

d'un entonnoir à longue tige, quelques centimètres cubes d'une solution alcoolo-aqueuse d'hématine pure, très légèrement acide ([1]). *On scelle immédiatement le tube à la lampe*, et l'on agite fortement après refroidissement de l'extrémité soudée. Il n'y a que des traces d'hydrosulfite qui se dissolvent alors, mais ces traces suffisent à réduire complètement l'hématine. La liqueur offre maintenant une belle couleur d'un rouge vif, et, après quelques instants de repos, elle apparaît parfaitement limpide ([2]). Le spectre d'absorption est constitué par deux bandes très nettes; la première est notablement plus sombre que la seconde. La bande $\alpha$ s'étend de $\lambda\ 571^{\mu\mu},5$ à $\lambda\ 557^{\mu\mu}$; la bande $\beta$, de $\lambda\ 535^{\mu\mu}$ à $520^{\mu\mu},5$. Plusieurs fois, après avoir effectué les déterminations spectroscopiques, nous avons ouvert le tube et vérifié que le contenu était franchement acide. Si l'on agite à l'air la liqueur décantée, elle vire au brun et l'on observe le spectre typique de l'hématine acide; si l'on neutralise alors la liqueur et ajoute un peu d'hydrate d'hydrazine, on observe le spectre typique de l'hémochromogène alcalin ordinaire. Il y a donc eu simplement réduction de l'hématine sous l'action de l'hydrosulfite en milieu acide. Mais, insistons sur ce point, pour qu'il n'y ait pas d'altération de l'hémochromogène, il est indispensable de n'opérer qu'en milieu faiblement acide. On sait, en effet, qu'en milieu acide l'hémochromogène se convertit très facilement en hématoporphyrine. Quand on acidifie un peu fortement la liqueur (au moyen d'acide acétique, par exemple), on constate, après réduction, la présence dans le rouge d'une bande ayant pour axe $\lambda\ 625^{\mu\mu},5$.

De plus, et ce caractère est encore plus sensible ([3]), la liqueur, placée dans un faisceau de rayons violets et ultraviolets, manifeste une fluorescence rouge. Au moyen de cette épreuve, nous nous sommes convaincus que nos solutions faiblement acides d'hémochromogène ne contiennent pas

([1]) Nous utilisons une solution d'hématine pure (préparée à partir d'acétylhématine cristallisée) ainsi composée :

| | |
|---|---|
| Hématine pure | $4^{cg}$ |
| Solution normale de soude | $2^{cm^3}$ |
| Eau distillée | $198^{cm^3}$ |
| Alcool à 96 pour 100 | $300^{cm^3}$ |

Pour obtenir la solution acide, on verse goutte à goutte de l'acide tartrique en solution à 2 pour 100, en ayant soin de s'arrêter dès que la réaction acide est atteinte. On s'assure, avant l'emploi, que la liqueur présente bien le spectre de l'hématine acide.

([2]) Nous conservons depuis 2 mois de telles liqueurs; elles semblent absolument inaltérées et sont aussi limpides qu'au début.

([3]) Cf. Ch. Dhéré et S. Sobolewski, *Sur quelques propriétés de l'hématoporphyrine* (*Comptes rendus de la Société de Biologie*, t. 70, 1911, p. 511).

trace d'hématoporphyrine, car elles ne montrent pas la moindre fluorescence dans les conditions indiquées.

Nous avons aussi examiné comment se comporte l'hémochromogène acide vis-à-vis des rayons les plus réfrangibles. On sait que l'hémochromogène alcalin offre dans le violet moyen une bande d'absorption très nette. L'hémochromogène acide absorbe, lui aussi, les rayons violets; mais, dans ce cas, l'absorption porte sur les rayons violets les plus réfrangibles. Par détermination spectrographique, nous avons constaté que cette bande, d'une grande netteté, s'étend de $\lambda\,417^{\mu\mu}$ à $399^{\mu\mu}$, et que l'ultraviolet est bien transmis jusqu'à $\lambda\,360^{\mu\mu}$ (limite de la région ultraviolette photographiée).

Conclusions. — Il résulte de nos recherches que, *par réduction, au moyen d'hydrosulfite de sodium pulvérisé et en tube scellé, d'une solution très légèrement acide d'hématine pure dissoute dans l'alcool faible, on obtient de l'hémochromogène acide présentant, comme l'hémochromogène alcalin ordinaire, un spectre d'absorption à trois bandes, ces bandes ressemblant tout à fait par leur netteté, leur intensité, leur largeur, à celles de l'hémochromogène alcalin et n'en différant que par leur position.*

Le relevé numérique que nous donnons ci-dessous permet de comparer d'une façon plus précise les spectres de ces deux hémochromogènes (¹) :

| | Bande α. | Bande β. | Bande γ. |
|---|---|---|---|
| Hémochromogène acide...... | 571,5 — 557,0 | 535,0 — 520,5 | 417,0 — 399,0 |
| » alcalin..... | 564,0 — 553,0 | 531,0 — 519,5 | 428,5 — 416,7 |

On voit que, pour l'hémochromogène acide, les bandes α et β sont décalées vers le rouge, tandis que la bande γ est décalée vers l'ultraviolet.

Disons en terminant que diverses considérations, qui ne peuvent trouver place ici, nous conduisent à admettre que l'hémochromogène acide, dont nous venons de décrire le mode de préparation et les propriétés spectrales, est bien réellement l'*hémochromogène libre*.

A 16 heures et quart l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17 heures trois quarts.

G. D.

(¹) Il s'agit, dans les deux cas, de solutions alcoolo-aqueuses. L'hémochromogène alcalin a été préparé en faisant dissoudre de l'hémoglobine dans de l'alcool à 55 pour 100 contenant de la soude, et en réduisant par l'hydrosulfite de sodium pulvérisé (dans un tube *non* scellé) l'hématine alcaline ainsi obtenue.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 10 JUILLET 1916.

PRÉSIDENCE DE M. CAMILLE JORDAN.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Émile Picard**, en déposant sur le bureau un Volume intitulé : *Un demi-siècle de civilisation française*, s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de présenter à l'Académie un Volume portant pour titre : *Un demi-siècle de civilisation française* (1870-1915). Ce Volume est dû à l'initiative de notre confrère de l'Académie des Sciences morales et politiques, M. Raphaël Georges-Lévy; il a pensé que, à l'heure où l'héroïsme de nos armées est célébrée par l'univers, il convenait, en laissant de côté toute polémique, de mettre sous tous les yeux la part que la France a continué de prendre depuis un demi-siècle aux progrès de l'humanité. Cet Ouvrage est l'œuvre de vingt collaborateurs, parmi lesquels se trouvent nos confrères de cette Académie, MM. Baillaud, de Launay, Lemoine, Painlevé, Perrier, Picard, Richet, qui ont traité respectivement de l'Astronomie, de la Géologie et de la Minéralogie, des Sciences chimiques, de l'Automobile et l'Aéronautique, des Sciences naturelles, des Sciences mathématiques, des Sciences biologiques et médicales.

En présentant à l'Académie un Livre intitulé : *Les Allemands et la Science*, auquel plusieurs membres de l'Institut ont collaboré, M. **Edmond Perrier** s'exprime ainsi :

A la suite de la publication du manifeste des intellectuels allemands et de la réponse qu'y fit l'Académie des Sciences, MM. Petit, professeur à l'École vétérinaire d'Alfort, et Maurice Lendet ont demandé à un certain nombre

de membres de l'Institut, de membres de l'Académie de Médecine et de professeurs ou fonctionnaires de l'Enseignement supérieur, quelle était, à leur avis, la part de l'Allemagne dans le développement de la Science actuelle. Ils ont réuni 28 réponses dont 17 de membres de l'Institut, 5 de membres de l'Académie de Médecine, 6 de membres de l'Enseignement supérieur.

L'ensemble de ces réponses constitue un Volume de 375 pages qu'on doit considérer comme l'expression réelle de l'opinion des savants français sur la Science allemande, comme la mise au point calme et réfléchie du bilan scientifique de l'Allemagne (1). M. Paul Deschanel a écrit pour cet Ouvrage une éloquente préface.

L'impression qui se dégage de cette enquête est d'une netteté absolue. Personne ne nie l'étonnant labeur auquel depuis 1870 se sont livrés les savants allemands. Surtout avant cette époque il y en a eu parmi eux comme Leibniz, Gauss, Liebig, Wöhler, von Baër, Johannes Muller, Helmholtz dont les œuvres sont de premier ordre et vraiment originales; mais la multitude des autres s'est appliquée à peu près exclusivement à développer des idées ou des découvertes nées ailleurs et principalement en France et en Angleterre. A cette tâche de nombreux chercheurs s'emploient avec la plus grande docilité sous la direction du maître. L'objet de leurs études est le plus souvent très limité, et donnerait à peine ailleurs la matière de quelques pages; mais en y ajoutant de compendieux historiques qui s'allongent rapidement chaque année, par une conséquence naturelle de ces procédés d'investigation, la matière s'allonge; elle peut s'allonger indéfiniment, et c'est au milieu d'un déluge de citations, de rapprochements, de discussions, qu'il faut aller découvrir l'objet précis, souvent sans importance et parfois tout à fait illusoire du travail. Seulement ces travaux alimentent de volumineux recueils qui, par leur nombre, inspirent le respect, qu'on tient à honneur de garder à jour dans les laboratoires étrangers, de peur de paraître mal informé, et qui font en se citant les uns les autres une

---

(1) Les divers Chapitres du Livre sont dus à MM. Babelon, Maurice Barrès, Émile Boutroux, Chauveau, Dastre, Yves Delage, Pierre Duhem, Armand Gautier, Henneguy, Camille Julian, Landouzy, Edmond Perrier, Emile Picard, William Ramsay, Salomon Reinach, Charles Richet, membres de l'Institut; les docteurs Chauffard, Gaucher, Gley, Pinard, Roger, Grasset, membres de l'Académie de Médecine; Marcellin Boule et Stanislas Meunier, professeurs au Muséum; Le Dantec, professeur à la Sorbonne; René Loti, auteur de livres importants sur l'Allemagne intellectuelle; Arsène Alexandre, inspecteur général des Musées.

réclame monstre à la Science et aux savants allemands de la plus modeste envergure.

Dans ces recueils, il semble au premier abord que chaque Mémoire soit un modèle d'érudition; mais on s'aperçoit bien vite que cette érudition est surtout unilatérale et conçue de façon à tourner presque exclusivement au bénéfice de l'Allemagne. L'opulence des citations ne saurait masquer certaines omissions déconcertantes, ni dissimuler une naïve vanité. Dans le *Traité de Chimie générale* de Nernst, le Dr Achalme a constaté que l'auteur cite 28 fois Ostwald, 18 fois Clausius, 17 fois Tammann, 13 fois Kohlrausch; il s'attribue à lui-même 41 citations; en revanche le nom de Lavoisier n'est cité qu'une fois, encore est-ce entre guillemets.

Dans le *Traité de Bactériologie* de Flugge, Koch a tous les honneurs; il semble que Pasteur soit un simple précurseur; dans la découverte des principes de l'Énergétique, les véritables initiateurs Sadi Carnot et Clapeyron doivent céder la place à Mayer et à Clausius. On pourrait multiplier ces exemples à l'infini, et l'on demeure déconcerté du sans-gêne avec lequel les hommes de génie étrangers à l'Allemagne sont dépouillés au profit des manœuvres de second ordre qui ont travaillé sur leurs brisées.

Parfois cette opération se pratique dans un but commercial; à peine avait-on oublié la colossale publicité faite autour de la désastreuse tuberculine de Koch, qu'une réclame monstre était organisée savamment autour du 606 d'Ehrlich qui s'en donnait comme le génial inventeur, et ce nom de 606 en dit long sur les recherches auxquelles il était censé s'être livré. Or c'est au chimiste français Armand Gautier que revient l'honneur d'avoir mis en relief les propriétés thérapeutiques et l'innocuité de composés organiques dans lesquels l'arsenic joue un rôle analogue à celui du carbone; mais il se trouve que, parmi ces composés arsenicaux, le 606 est un de ceux chez qui les propriétés nocives des composés arsenicaux ordinaires sont le moins atténuées, et que ses propriétés curatives spécifiques semblent plus superficielles que réelles (voir le Chapitre que lui consacre le professeur Gaucher). Pour n'être pas menacé d'une faillite retentissante comme la malheureuse tuberculine de Koch, le 606 n'en a pas moins été prôné bien au delà de ses mérites, par des procédés dont le but commercial est évident, et il en est de même de nombre de médicaments qui ont, grâce à une réclame habile, envahi les officines de nos pharmaciens.

Nos hommes de science ont, au contraire, de tout temps réprouvé ces procédés, et j'ai eu occasion de montrer, dans mon Livre récent *France et*

*Allemagne*, à quel point était poussé le désintéressement d'un Pasteur ou d'un Berthelot (1). Ils considèrent comme un devoir la culture absolument désintéressée de la Science et se reprocheraient d'en tirer pour eux-mêmes un profit matériel; il y a peut-être là d'ailleurs une exagération dangereuse qui a conduit chez nous à élever une barrière par trop étanche entre la Science et l'Industrie qui ne peut se passer d'elle. Il y aurait tout profit pour la richesse nationale à ce que cette barrière fût moins rigoureuse; la grande prospérité des industries chimiques de l'Allemagne est due pour une bonne part à l'étroite union qui a été réalisée chez elle entre l'usine et le laboratoire.

Un autre facteur de cette prospérité, il serait puéril de le nier, est la perfection de l'organisation allemande. Elle est peu favorable à l'originalité, mais elle est au contraire une des conditions du rendement maximum, et M. Pierre Duhem indique finement la raison pour laquelle elle a été facilement acceptée en Allemagne. L'Allemand porte normalement en lui l'esprit monastique, qui dispense de toute initiative. Il aime, parce qu'il manque justement d'initiative, à se sentir soutenu et commandé; ce que les moines font par un renoncement volontaire, par une humilité qu'ils jugent méritoire parce qu'elle est exceptionnelle, ils le font par une disposition héréditaire de leur esprit. C'est pourquoi les associations les plus diverses sont assurées de florir chez eux; c'est pourquoi ils ont pu facilement fonder de vastes usines, des associations commerciales qui ont pu s'étendre en réseau sur le monde entier; c'est pourquoi ils se sont si facilement soumis à la domination prussienne qui comptait en faire les instruments de la domination universelle qu'elle rêvait. Nous avons pu voir à quels résultats peut conduire une organisation méthodique. Il y aurait peut-être avantage pour nous à réaliser, par une discipline volontaire, ce que la docilité allemande a rendu plus facile de l'autre côté du Rhin.

M. **Fridtjof Nansen** fait hommage à l'Académie d'un Volume intitulé : *Spitsbergen Waters, Oceanographic observations during the cruise of the « Veslemöy » to Spitsbergen in* 1912.

(1) Page 166.

## ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Correspondant pour la Section d'Astronomie, en remplacement de M. *G.-H. Hill*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 37,

| | | |
|---|---|---|
| M. Gonnessiat | obtient | 36 suffrages |
| M. Bourget | » | 1 suffrage |

M. **Gonnessiat**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est élu Correspondant de l'Académie.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Correspondant pour la Section de Chimie, en remplacement de M. *Emil Fischer*.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 37,

| | | |
|---|---|---|
| M. Walden | obtient | 35 suffrages |
| M. Amé Pictet | » | 2 » |

M. **Walden**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est élu Correspondant de l'Académie.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Correspondant pour la Section d'Anatomie et Zoologie, en remplacement de M. *J.-H. Fabre*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 36,

| | | |
|---|---|---|
| M. Bataillon | obtient | 31 suffrages |
| M. Kœhler | » | 3 » |
| M. Cuénot | » | 2 » |

M. **Bataillon**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est élu Correspondant de l'Académie.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Correspon-

dant pour la Section de Médecine et Chirurgie, en remplacement de M. *Guido Baccelli*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 37,

| | | |
|---|---|---|
| M. Depage obtient | . . . . . . . . . . . | 30 suffrages |
| M. Grasset | » . . . . . . . . . . . | 6 » |
| M. Langley | » . . . . . . . . . . . | 1 suffrage |

M. **Depage**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est élu Correspondant de l'Académie.

## CORRESPONDANCE.

M. **Yersin**, élu Correspondant pour la Section de Médecine et Chirurgie, adresse des remercîments à l'Académie.

M. **G.-A. Boulenger**, élu Correspondant pour la Section d'Anatomie et Zoologie, adresse des remercîments à l'Académie.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Le fascicule XI (texte et portraits) et le fascicule XII (1re partie, planches) des *Études de Lépidoptérologie comparée*, par Charles Oberthur. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Transcendantes de Fourier-Bessel à plusieurs variables.* Note de M. **Michel Akimoff**, présentée par M. Appell.

Dans une Note des *Comptes rendus* (1) M. Appell a introduit dans l'Analyse les transcendantes de Bessel de plusieurs variables.

Ces transcendantes étant étudiées depuis pour un indice entier (2), je me

(1) *Comptes rendus*, t. 160, 1915, p. 419.

(2) Pérès, *Comptes rendus*, t. 161, 1915, p. 168. — Jekhowski, *Comptes rendus*, t. 162, 1916, p. 318.

propose ici de les traiter pour un indice quelconque, en poursuivant plus loin les analogies profondes qui se manifestent entre ces transcendantes et les transcendantes classiques d'une variable.

On retrouve ces nouvelles transcendantes $J_k(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ en considérant, comme dans le cas d'une variable, le développement suivant

$$e^{\frac{x_1}{2}\left(u-\frac{1}{u}\right)+\frac{x_2}{2}\left(u^2-\frac{1}{u^2}\right)+\ldots+\frac{x_n}{2}\left(u^n-\frac{1}{u^n}\right)}=\sum_{k=-\infty}^{k=+\infty} J_k(x_1, x_2, \ldots, x_n)\,u^k,$$

où, en vertu de

$$(1)\qquad e^{\frac{x_1}{2}\left(u-\frac{1}{u}\right)}\,e^{\frac{x_2}{2}\left(u^2-\frac{1}{u^2}\right)}\ldots e^{\frac{x_n}{2}\left(u^n-\frac{1}{u^n}\right)} = \sum_{i_1=-\infty}^{i_1=+\infty}\sum_{i_2=-\infty}^{i_2=+\infty}\ldots\sum_{i_n=-\infty}^{i_n=+\infty} J_{i_1}(x_1)\,J_{i_2}(x_2)\ldots J_{i_n}(x_n)\,u^{i_1+2i_2+\ldots+ni_n},$$

on a

$$(2)\qquad J_k(x_1, x_2, \ldots, x_n)=\sum_{i_2=-\infty}^{i_2=+\infty}\ldots\sum_{i_n=-\infty}^{i_n=+\infty} J_{k-2i_2-\ldots-ni_n}(x_1)\,J_{i_2}(x_2)\ldots J_{i_n}(x_n).$$

Si l'on prend pour l'indice $k$ un paramètre quelconque, on démontre facilement, en partant du développement (2) et en se rappelant les propriétés bien connues des $J_i(x)$, pour $J_k(x_1, x_2, \ldots, x_n)$, toutes les relations indiquées par M. Pérès [1] dans le cas de l'indice entier.

Considérons l'intégrale

$$(3)\qquad \frac{1}{2\pi i}\int_{\infty.\alpha}^{\infty.\beta} e^{\frac{x_1}{2}\left(u-\frac{1}{u}\right)+\frac{x_2}{2}\left(u^2-\frac{1}{u^2}\right)+\ldots+\frac{x_n}{2}\left(u^n-\frac{1}{u^n}\right)}\,u^{-k-1}\,du,$$

en désignant par $\alpha$, $\beta$ deux constantes telles que

$$(4)\qquad \text{la partie réelle de } x_n\alpha^n = \mathrm{R}(x_n\alpha^n) < 0, \qquad \mathrm{R}(x_n\beta^n) < 0,$$

et en regardant le chemin d'intégration comme ligne sans nœuds, décrite par rapport au point $u = 0$ de telle manière que l'intégrale (3) n'est pas nulle.

On s'assure aisément que pour chaque valeur de $x_n$ et $x_1$ on peut choisir telles constantes $\alpha$, $\beta$, que non seulement seraient satisfaites les conditions (4), mais encore les suivantes :

$$\mathrm{R}(x_1\alpha) < 0, \qquad \mathrm{R}(x_1\beta) < 0.$$

[1] *Loc. cit.*

Par conséquent, en vertu de (1), l'intégrale précédente est égale à

$$\sum_{i_2=-\infty}^{i_2=+\infty} \cdots \sum_{i_n=-\infty}^{i_n=+\infty} J_{i_2}(x_2)\ldots J_{i_n}(x_n)\frac{1}{2\pi i}\int_{\infty.\alpha}^{\infty.\beta} e^{\frac{x_1}{2}\left(u-\frac{1}{u}\right)} u^{-k+2i_2+\ldots+ni_n-1}du\;;$$

d'où, en ayant égard à l'égalité

$$\frac{1}{2\pi i}\int_{\infty.\alpha}^{\infty.\beta} e^{\frac{x}{2}\left(u-\frac{1}{u}\right)} u^{-p-1}\,du = J_p(x) \quad (^1),$$

on a finalement

$$\frac{1}{2\pi i}\int_{\infty.\alpha}^{\infty.\beta} e^{\frac{x_1}{2}\left(u-\frac{1}{u}\right)+\frac{x_2}{2}\left(u^2-\frac{1}{u^2}\right)+\ldots+\frac{x_n}{2}\left(u^n-\frac{1}{u^n}\right)} u^{-k-1}\,du$$

$$= \sum_{i_2=-\infty}^{i_2=+\infty} \cdots \sum_{i_n=-\infty}^{i_n=+\infty} J_{k-2i_2-\ldots-ni_n}(x_1)\,J_{i_2}(x_2)\ldots J_{i_n}(x_n) = J_k(x_1, x_2, \ldots, x_n).$$

Je me borne ici à signaler seulement deux cas particuliers de cette intégrale.

Si l'on suppose que le chemin d'intégration se compose d'un cercle de rayon 1 décrit de l'origine et d'une double partie infinie de l'axe réel, on a pour $\alpha = \beta = -1$, sous les conditions $R[(-1)^n x_n] < 0$, $R(-x_1) < 0$, l'intégrale

$$J_k(x_1, x_2, \ldots, x_n) = \frac{1}{\pi}\int_0^{\pi} \cos(ku - x_1 \sin u - x_2 \sin 2u - \ldots - x_n \sin nu)\,du$$

$$- \frac{\sin k\pi}{\pi}\int_0^{\infty} e^{-x_1 \operatorname{sh} v + x_2 \operatorname{sh} 2v - \ldots + (-1)^n x_n \operatorname{sh} nv - kv}\,dv,$$

$$\operatorname{sh} v = \frac{e^v - e^{-v}}{2},$$

et pour $\alpha = \beta = 1$, sous les conditions $R(x_n) < 0$, $R(x_1) < 0$, l'intégrale

$$J_k(x_1, x_2, \ldots, x_n) = \frac{(-1)^k}{\pi}\int_0^{\pi} \cos(ku + x_1 \sin u - x_2 \sin 2u + \ldots - (-1)^n x_n \sin nu)\,du$$

$$- \frac{(-1)^k \sin k\pi}{\pi}\int_0^{\infty} e^{x_1 \operatorname{sh} v + x_2 \operatorname{sh} 2v + \ldots + x_n \operatorname{sh} nv - kv}\,dv,$$

indiquées dans le cas $n = 1$ par Schläfli (²), qui pour $k$ entier se réduisent à l'intégrale de M. Appell.

---

(¹) SONINE, *Mathematische Annalen*, Bd 16, 1880.

(²) *Annali di Matematica*, t. 1, p. 237.

En répétant le raisonnement de Sonine (¹) on obtient d'autres intégrales, par exemple celles qui représentent les fonctions de Bessel de deuxième et de troisième espèce avec un nombre quelconque de variables.

NAVIGATION. — *Contribution à l'étude expérimentale de la houle.* Note de M. F. **Arago**, présentée par M. Bertin.

Ayant soumis à une analyse serrée un nombre important de mesures complètes de houles, effectuées par des bâtiments divers, j'ai été conduit aux conclusions suivantes : les observations pour lesquelles la direction de la houle ne s'écarte pas de plus de 45° de l'arrière du navire fournissent, pour la longueur, la période et la célérité, des valeurs numériques qui satisfont convenablement, en moyenne, aux relations théoriques qui lient ces valeurs. Au contraire, cet accord n'existe presque jamais, lorsque le cap du navire est voisin de la direction de la houle venant de l'avant; dans ce cas, la célérité mesurée est toujours inférieure à celle qui correspondrait, théoriquement, à la longueur mesurée.

J'ai montré qu'on peut l'expliquer par une tendance, inhérente à la nature des choses, qui ferait enregistrer le passage, à l'étrave, de la crête de la houle, avant le moment où elle y arrive réellement.

Je conseille de n'effectuer les mesures en question qu'en se plaçant, par rapport à la houle, dans la première situation. Lorsque ces mesures auront pour objet de compléter les expériences réglementaires d'oscillation du navire à la mer, on pourra donc être amené à modifier un instant la route.

OPTIQUE. — *Nouvelles expériences de séparation des effets lumineux et calorifiques d'une source de lumière.* Note de M. **Dussaud**, présentée par M. Branly.

Mes Notes précédentes ont indiqué les résultats que j'ai obtenus avec mes sources lumineuses à surface réduite, continues, discontinues, à bas voltage, avec survoltage, sans survoltage, avec séparation *mécanique* des effets lumineux et calorifiques.

De nouvelles expériences m'ont permis de supprimer mes dispositifs

---

(¹) Sonine, *Mathematische Annalen*, Bd 16, 1880.

mécaniques, en divisant en deux parties le système optique qui concentre la lumière.

Mon système optique se compose de deux lentilles peu écartées entre lesquelles j'établis une circulation d'air. Dans mes appareils les plus simples, cette circulation s'établit d'elle-même.

Les deux lentilles sont enchâssées d'une façon complètement indépendante dans deux boîtes distinctes. La circulation d'air est telle entre les deux boîtes qu'elle disperse dans l'espace les effets calorifiques et que la deuxième boîte reçoit une lumière pratiquement froide.

Les objets les plus délicats à la chaleur peuvent être ainsi approchés de cette lumière froide aussi près que l'on voudra sans crainte de détérioration par la chaleur. Ce rapprochement m'a donné une utilisation décuplée de la lumière qui m'a permis, avec des sources de 3 ampères pour le secteur (sans survoltage) et de 1 ampère et 20 volts pour accumulateur (avec survoltage), de projeter en salle éclairée, sur un écran de $1^m,50$ de côté, des objets quelconques avec leurs couleurs, leurs reliefs, leurs mouvements, puisqu'ils sont éclairés par *réflexion*. Je projette ainsi les gravures d'un livre, les planches d'un atlas scientifique, des pièces anatomiques, des membres d'un sujet vivant, des appareils de démonstration. Les bandes de celluloïd des cinématographes peuvent être remplacées par des bandes de papier.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Mesure thermo-électrique des points critiques du fer.* Note [1] de MM. **George K. Burgess** et **H. Scott**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Les méthodes employées jusqu'ici pour la mesure thermo-électrique des points critiques du fer pur ont le désavantage d'exiger qu'un fil de fer subisse la différence de température entre le milieu ambiant et l'intérieur d'un four. Il en résulte la possibilité d'une superposition des effets produits par les deux points critiques, $A_2$ et $A_3$. D'après la méthode récemment décrite par M. Benedicks [2], on ne peut en outre distinguer un point critique que dans le cas où il se trouve à des températures différentes en chauffant et en refroidissant. Il a été démontré [3] cependant que, pour le

---

(1) Séance du 26 juin 1916.

(2) *Comptes rendus*, t. 162, 1916, p. 297; *Journ. Iron and Steel Inst.*, mai 1916.

(3) Burgess et Crowe, *Scientific Paper*, 213, Bureau of Standards, 1913.

fer, $A_2$ est situé à la même température de 768° pour les températures ascendantes et descendantes, tandis que $A_3$ se trouve placé toujours à une température plus élevée au chauffage.

Donc, des expériences de M. Benedicks, on ne peut tirer aucune conclusion sur l'allotropie du fer en ce qui concerne $A_2$.

La disposition expérimentale dont nous nous sommes servis, pour mettre en évidence $A_2$ et $A_3$ par une méthode thermo-électrique, est une modification de celle employée par MM. Boudouard [1] et Le Chatelier [2] pour certains aciers.

Un fil de fer pur, de $0^{cm},05$ de diamètre et d'une longueur de $7^{cm}$, est soudé à ses deux bouts aux jonctions de deux couples Le Chatelier et placé au centre d'un four à résistance électrique qui a un contrôle automatique. L'expérience est faite dans le vide [3].

On lit la déviation d'un galvanomètre relié aux deux fils de platine du couple, ce qui donne une mesure de la force thermo-électrique du couple fer-platine pour une chute de température de quelques degrés seulement (moins de 10° en général). Les températures des deux extrémités du fer sont données par les couples suivant la méthode potentiométrique. Un chronographe sert à enregistrer l'instant de chacune de ces mesures. On arrive à obtenir ainsi des observations espacées de 2° seulement. Le galvanomètre relié au fer a une sensibilité suffisante, $1^{mm} = 0,71$ microvolt; et l'on peut lire les températures au 0°,01. Notre échantillon de fer est d'une grande pureté (99,968 Fe) donnant l'analyse suivante (en pour 100) : $C = 0,009$; $S = 0,009$; $P < 0,001$; $Si = 0,006$; $Mn = 0,001$; $Cu = 0,006$.

La figure ci-après montre la marche d'une série d'observations. La courbe I, dont les ordonnées sont les déviations du galvanomètre relié au fer, est donnée au chauffage et la courbe II au refroidissement. Chaque observation y est représentée par un point. Les courbes III et IV donnent les différences de température entre les deux extrémités du fer. Les courbes V et VI représentent le pouvoir thermo-électrique vrai, en fonction de la température, du couple fer-platine pour les petites différences de température indiquées par les courbes III et IV. Plusieurs séries d'expériences nous ont donné des résultats semblables.

On voit que la transformation $A_3$ est nettement accusée par une discontinuité, déjà notée par M. Benedicks; $A_2$ n'est pas moins bien accusé par une inflexion à 768°. On peut donc en tirer la conclusion que, pour le fer

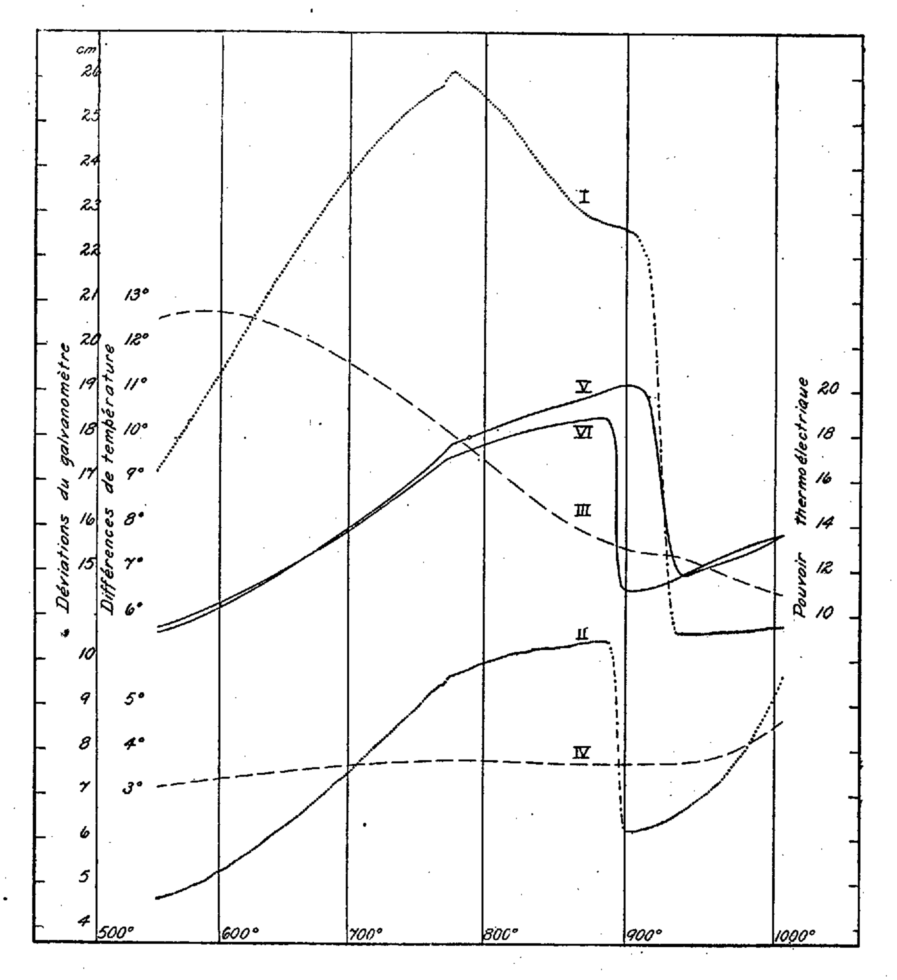
---

(1) *Revue de Métallurgie*, t. 1, p. 80.

(2) *Ibid.*, 1904, p. 134.

(3) La description détaillée de cette installation, d'utilité générale, est donnée dans *Scientific Paper*, 213, *loc. cit.*

pur, le phénomène thermo-électrique met en évidence les deux points critiques $A_2$ et $A_3$. Il est aussi évident que ces deux transformations sont d'un caractère distinct (¹). L'effet thermique est également marqué sur les




courbes I et II par une petite protubérance à $A_2$. On y notera l'absence du point $A_1$. Pour un échantillon de fer contenant seulement 0,1 pour 100 de carbone, ce point cependant est nettement accusé.

Il s'ensuit que les régions $\alpha$, $\beta$ et $\gamma$ du fer pur sont délimitées par des discontinuités dans les propriétés thermo-électriques. Nous poursuivons nos recherches à des températures plus basses et sur les aciers.

---

(¹) Pour la résistance électrique, voir *Scientific Paper*, 236, *loc. cit.*

PSYCHO-PHYSIOLOGIE. — *Sur la psycho-physiologie du soldat mitrailleur.* Note (¹) de M. **J.-M. Lahy**, présentée par M. Edmond Perrier.

Pour obtenir, dans la guerre actuelle, l'utilisation complète des forces humaines, il est nécessaire de procéder, comme on l'a préconisé dans l'industrie pour les travailleurs, à une division du travail parmi les combattants. Ici comme là, on ne peut obtenir le rendement maximum qu'en affectant à des fonctions déterminées les individus les plus qualifiés.

Partant de ce principe, nous avons appliqué à une catégorie de combattants : *les mitrailleurs*, les méthodes de recherche qui, précédemment, nous avaient permis de fixer, pour quelques industries, les conditions psycho-physiologiques de l'aptitude professionnelle en vue d'une sélection probable des travailleurs.

Nos expériences ont porté sur les mitrailleurs de la ...ᵉ brigade et du ...ᵉ régiment d'infanterie, opérant en Argonne. Nous avons étudié : les fonctions motrices, afin de déceler les conditions psycho-physiologiques qui interviennent dans les gestes du chargeur et du tireur, et la plasticité fonctionnelle qui, chez les sujets, peut être considérée comme l'un des signes physiologiques du sang-froid.

*Temps de réaction.* — Le Tableau ci-après reproduit les résultats numériques de l'examen de 20 sujets. Ces sujets sont classés d'après la rapidité des temps de réaction, choisis parmi d'autres signes qui auraient permis un classement similaire. Les sujets d'élite, en ce qui concerne la fonction de mitrailleur, se placent tous en tête de la liste. Une rapidité des temps de réaction auditifs de $\frac{12}{100}$ de seconde marque la limite des sujets les moins bien doués. Or, la moyenne normale des temps de réaction auditifs, établie d'après les expériences antérieures des physiologistes, étant de $\frac{15}{100}$ de seconde, nos bons mitrailleurs affirment donc une supériorité notable.

L'écart moyen, c'est-à-dire la moyenne des différences établie entre les données de chaque expérience et la moyenne générale, donne un groupement des sujets à peu près identique. Toutefois il fournit une indication plus précise car, dans le classement général, il met à leur rang les valeurs individuelles. En outre, il permet de réserver le jugement porté sur le sujet Y... qui est un bon mitrailleur.

Les temps de réaction visuels confirment, en le précisant, le classement précédent. Le chiffre 19,5 admis comme moyenne de rapidité normale, se trouve être de beaucoup supérieur à ceux fournis par nos sujets d'élite, dont la limite inférieure est de 13 et 14 centièmes.

*Fatigabilité motrice.* — Un sujet, frappant de petits coups avec la main, aussi

(¹) Séance du 3 juillet 1916.

rapidement que possible, pendant 45 secondes, affirme une différence de rapidité entre les 5 secondes du début et les 5 secondes de la fin de l'expérience, que nous appelons *indice de fatigabilité*. Chez les meilleurs mitrailleurs, cet indice est 0. On le voit apparaître et s'élever chez les sujets, à mesure que la valeur professionnelle diminue. Le sujet Y..., pour qui nous réservions notre jugement, se trouve alors, en raison de son faible indice de fatigabilité, placé parmi les bons sujets.

| | Temps de réaction auditifs. | | Temps de réaction visuels. | | Rapidité. | | | | | Classement par | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 5 secondes. | | | | | |
| | Durée. | Écart moyen. | Durée. | Écart moyen. | Moyenne. | Début. | Fin. | Diff. | Suggestibilité. | Plasticité fonct[le]. | Valeur prof[le]. |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| R... | 8,93 | 0,97 | 13,23 | 1,46 | 5,5 | 6,2 | 5,6 | 6 | N. S. | A. B. | B. |
| Po.. | 8,96 | 1,36 | 10,46 | 1,26 | 5,68 | 6,0 | 5,6 | 4 | N. S. | T. B. | T. B. |
| J... | 9,10 | 1,40 | 10,16 | 1,26 | 6,14 | 6,6 | 6,0 | 6 | N. S. | T. B. | T. B. |
| Ch.. | 9,36 | 0,93 | 13,73 | 1,63 | 5,76 | 6,2 | 6,2 | 0 | N. S. | T. B. | T. B. |
| Gu.. | 9,43 | 0,80 | 16,73 | 1,64 | 6,00 | 6,6 | 6 | 6 | N. S. | T. B. | T. B. |
| F... | 9,80 | 0,96 | 10,96 | 1,14 | 5,12 | 5,6 | 5,2 | 4 | N. S. | T. B. | T. B. |
| C... | 9,83 | 1,17 | 13,26 | 1,38 | 5,2 | 5,4 | 5,4 | 0 | N. S. | T. B. | T. B. |
| T... | 10,00 | 1,03 | 11,43 | 1,28 | 5,81 | 6,4 | 5,8 | 6 | N. S. | T. B. | T. B. |
| Pi.. | 10,40 | 0,86 | 11,96 | 1,28 | 6,68 | 6,8 | 6,8 | 0 | N. S. | T. B. | T. B. |
| M... | 10,53 | 1,40 | 11,96 | 1,56 | 6,3 | 6,2 | 6,2 | 0 | N. S. | T. B. | T. B. |
| B... | 10,60 | 1,54 | 10,70 | 1,80 | 5,45 | 5,4 | 5,4 | 0 | N. S. | T. B. | T. B. |
| Pl. | 11,56 | 1,97 | 14,83 | 1,33 | 6,8 | 7,4 | 7,0 | 4 | N. S. | B. | B. |
| De.. | 12,40 | 3,46 | 14,00 | 3,48 | 6,35 | 7,2 | 6,0 | 2 | S. | Mauvais | Mauvais |
| Du.. | 13,58 | 2,36 | 19,36 | 2,08 | 6,3 | 6,6 | 6,0 | 6 | S. | Mauvais | Mauvais |
| Fa.. | 16,12 | 3,26 | 24,06 | 5,10 | 5,12 | 6,2 | 5,2 | 10 | S. | Mauvais | Mauvais |
| Gl.. | 16,56 | 3,40 | 16,06 | 1,65 | 6,35 | 8,0 | 5,8 | 22 | N. S. | A. B. | Médiocre |
| La.. | 16,60 | 2,59 | 20,03 | 2,84 | 6,82 | 7,2 | 6,2 | 10 | S. | Médiocre | Mauvais |
| Y... | 17,06 | 1,72 | 17,53 | 2,08 | 5,24 | 5,2 | 5,2 | 0 | N. S. | T. B. | T. B. |
| L... | 18,16 | 2,46 | 17,96 | 1,84 | 6,6 | 7,0 | 6,2 | 8 | S. | Mauvais | Mauvais |
| Lo.. | 25,53 | 8,84 | 23,70 | 4,36 | 5,9 | 6,4 | 5,0 | 14 | S. | Mauvais | Mauvais |

▬ Supériorité absolue, —— Supériorité relative.

*Rapidité motrice*. — La rapidité absolue de la répétition d'un mouvement ne fournit pas d'indication utile, l'un des plus médiocres sujets témoigne, en effet, de la plus grande rapidité. Cependant, elle permet de classer avec exactitude ceux qui présentent un indice de fatigabilité identique.

La rapidité d'un mouvement linéaire donne une indication semblable à celle du coup frappé rapidement.

*Suggestibilité motrice.* — Un mouvement imprimé à la main d'un sujet qui a les yeux fermés se poursuit ou s'arrête selon que le sujet est ou non suggestible. Tous les mauvais mitrailleurs présentent de la suggestibilité motrice.

*Sensibilité musculaire.* — Elle est faible chez les mauvais mitrailleurs, grande chez les meilleurs.

*Plasticité fonctionnelle.* — Nous appelons *plasticité fonctionnelle* la manière dont l'organisme (respiration et circulation) réalise automatiquement les conditions les plus favorables à l'activité physique ([1]). Nos mitrailleurs montrent qu'elle est plus ou moins parfaite selon que le sujet a plus ou moins de sang-froid. Un acte, le tir, étant imposé, la respiration, la circulation se trouvent instantanément modifiées. L'acte terminé, elles redeviennent rapidement normales chez les sujets d'élite. C'est, en somme, une modification fonctionnelle dont le sens nous est connu. Chez les sujets inférieurs, au contraire, on observe des *désordres* respiratoires et circulatoires. Ce phénomène est permanent chez les sujets, même en l'absence de causes de trouble.

*Corrélation des résultats.* — S'il est prématuré de chercher, au point de vue psycho-physiologique, une équation personnelle exprimée en termes mathématiques, il existe cependant un ensemble de signes qui affirment en l'homme une aptitude générale à une fonction donnée. Pour les mitrailleurs, chargeurs ou tireurs, la plus grande rapidité des temps de réaction, le plus faible écart moyen, un faible indice de fatigabilité et l'absence de suggestibilité révèlent des aptitudes certaines, encore accrues lorsque la rapidité motrice s'ajoute aux signes précédents. La plasticité fonctionnelle est un indice de sang-froid.

ZOOLOGIE. — *Sur la migration et la pêche du Thon* (Orcynus thynnus *L.*) *sur nos côtes méditerranéennes.* Note de M. LOUIS ROULE, présentée par M. Edmond Perrier.

La pêche du Thon sur le littoral français de la Méditerranée se classe parmi les plus lucratives. Son rendement annuel, pendant ces dernières années, n'est jamais descendu au-dessous d'un minimum de 401955$^{fr}$ (en 1905) et s'est élevé jusqu'à un maximum de 1096489$^{fr}$ (en 1898). Elle présente plusieurs particularités, qui, découlant directement de la biologie propre à ce poisson, la mettent directement en cause pour les comprendre

(1) *L'adaptation organique dans les états d'attention volontaires et brefs* (*Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 1479).

elles-mêmes et pour évaluer leur portée. J'ai déjà appelé l'attention sur ces faits, et je continue mes études à leur sujet, en raison de l'importance de leurs résultats autant en vue de la théorie scientifique des migrations que de la conduite économique de la pêche.

Ces particularités sont de plusieurs ordres. L'une d'elles se rapporte au contraste qui se manifeste entre les deux moitiés de notre littoral de part et d'autre de la région de Marseille : bien que les conditions météorologiques et les ressources alimentaires soient peu dissemblables, le Thon fréquente plus faiblement la moitié orientale qui remonte vers le golfe de Gênes, et se montre en plus grande abondance dans la moitié occidentale qui entoure le golfe du Lion. Une autre est offerte par l'opposition établie entre les rendements des pêcheries fixes (madragues) montées non loin du rivage, et ceux des arts mobiles et des filets dérivants ; ceux-ci vont en progressant, alors que ceux-là, plus élevés jadis, vont en diminuant. Enfin, l'amoindrissement numérique des captures au début de la belle saison, et même leur absence fréquente depuis le milieu de mai jusqu'au milieu de juillet, constitue une troisième particularité digne de retenir l'attention. Si les deux premières paraissent dépendre de la sténothermie et de la sténohalinité du Thon, ainsi que je le préciserai ultérieurement, la dernière provient du rythme migrateur lui-même et du voyage de ponte.

Plusieurs observations à ce sujet ont déjà été faites par Gourret (1886-1893) ; cet auteur, acceptant l'antique théorie erronée de la migration des Thons de l'océan Atlantique dans la Méditerranée, a relevé quelques dates caractéristiques de cette disparition, qu'il admet comme totale. Or, cet abandon momentané du littoral français n'est pas complet. La population thonnière diminue fortement, il est vrai, dès le printemps, surtout au voisinage de Marseille, mais elle subsiste encore, quoique plus clairsemée, dans l'intérieur du golfe du Lion. Seulement, les individus qui restent se font remarquer par leur dimensions relativement faibles, par l'état immature de leurs glandes sexuelles et par la présence d'aliments dans l'estomac. En fait, la plupart des Thons disparaissent à cette époque, et notamment les adultes, mais ils laissent sur place les jeunes individus non sexués et susceptibles de s'alimenter.

Cette condition par rapport au Thon de la partie nord-ouest du bassin occidental de la Méditerranée s'oppose entièrement, aux mêmes dates, à celle de la part sud-est, comprise entre la Sardaigne, la Sicile et la Tunisie. Les Thons affluent alors dans cette dernière, où ils rendent fructueuse la pêche des madragues. Les individus, que les praticiens nomment *Thons de*

*course* ou *Thons d'arrivée*, sont, comme je l'ai déjà indiqué (1913-1914), des Thons génétiques ou reproducteurs, munis de glandes sexuelles volumineuses et prêtes à la ponte, et dont l'estomac en vacuité dénote qu'ils ne prennent alors aucune nourriture. Les premiers en date se montrent en moyenne vers le milieu de mai ; le séjour dans ces parages, où l'on a trouvé l'œuf pélagique (Sanzo, 1910) alors qu'il n'a pas été rencontré dans nos eaux, se prolonge jusqu'à la fin de juin et au début de juillet. Les Thons disparaissent alors, la ponte étant accomplie. Ce n'est qu'après cette disparition, et dans la seconde quinzaine de juillet ou le commencement d'août, qu'on les voit reparaître sur notre littoral, et qu'on les pêche en nombre ; les individus capturés ont l'estomac rempli d'aliments, et les plus gros portent dans leur cavité abdominale des glandes sexuelles vidées et en voie de régression.

Tous ces faits, s'éclairant mutuellement, dénotent qu'ils constituent les épisodes successifs d'une migration annuelle de ponte, et d'un rassemblement reproducteur, comparables à ceux des Gadidés des mers du Nord (Damas, 1909). Cette migration, contrairement à l'avis des praticiens des madragues, n'a pas besoin d'invoquer un appoint venu de l'Atlantique pour expliquer l'abondance et la brusque apparition des individus ; la nombreuse population thonnière du golfe du Lion, et celle des lieux avoisinants, suffisent à parfaire, en se joignant à celle qui arrive de régions moins lointaines, le chiffre considérable des reproducteurs assemblés pour la ponte. Les preuves de ce déplacement, ainsi dirigé du Nord et de l'Ouest vers le Sud et vers l'Est, sont fournies, en sus des considérations précédentes, par celles qu'on peut tirer de l'orientation même des madragues en pêche, et de la comparaison des dates des premières captures. Ainsi, et sur ce dernier point, les pêcheries du sud de la Sardaigne, qui sont les plus proches du lieu principal de départ, sont les plus précoces à fonctionner ; et les madragues tunisiennes de la côte orientale, qui sont les plus éloignées, ne font leurs premières prises que deux ou trois semaines plus tard.

Deux conclusions résultent de cet exposé. Selon l'une d'elles, spécialement biologique, ces disparitions et ces apparitions, qui se succèdent et se suivent, représentent les divers aspects d'un seul et même phénomène migrateur, alternatif et régulier, qui fait se rassembler chaque année, au début de la belle saison, dans une aire déterminée de ponte, les individus propres à la reproduction, pour les laisser se disperser ensuite et revenir à leur habitat ordinaire ; les Thons qui se font prendre au printemps par les madragues italiennes et tunisiennes ont en grand nombre vécu auparavant

dans les eaux françaises ou à leur proximité, et, réciproquement, les Thons qui peuplent ces dernières eaux sont nés entre les îles italiennes et la Tunisie. Selon la seconde, qui s'adresse à l'industrie des pêches, la diminution ou la disparition momentanées du Thon sur nos côtes ne sont point accidentelles, ni causées par une action extérieure; elles constituent un fait normal, qui dépend des nécessités biologiques, et dont on doit escompter par suite le retour habituel.

MÉDECINE. — *Essai de vaccination préventive dans le typhus exanthématique.* Note (¹) de M. Charles Nicolle, présentée par M. Laveran.

La question de la vaccination préventive du typhus exanthématique est dominée par ce fait d'ordre expérimental, sur lequel nous avons insisté déjà à plusieurs reprises, que seule une atteinte grave de la maladie met à coup sûr l'animal à l'abri de l'inoculation d'épreuve.

C'est ainsi que nous avons vu l'immunité ne succéder chez le singe que d'une façon inconstante à l'inoculation de faibles quantités de sang, insuffisantes pour produire l'infection, ou bien n'ayant donné lieu qu'à des infections avortées. Le sang virulent, chauffé à 50°-55°, ce qui le rend inactif, ne vaccine pas. Le sérum des hommes ou des animaux convalescents et celui des animaux hypervaccinés jouissent bien de propriétés préventives, mais l'immunité qui succède à leur injection n'a qu'une durée des plus courtes. Les animaux, inoculés d'un mélange de virus et de sérum curatif, ne contractent à la suite ni infection, ni immunité; celle-ci fait défaut même chez les cobayes, dont la maladie a été arrêtée à son début par l'inoculation du sérum anti-exanthématique.

Dans ces conditions, le problème de la vaccination préventive du typhus paraît difficilement soluble. Cependant, il y a lieu de considérer que ces résultats ont été observés sur des animaux soumis à une inoculation d'épreuve et que celle-ci, qui consiste dans l'injection brutale d'une quantité notable de virus ($3^{cm^3}$ à $4^{cm^3}$ de sang par voie péritonéale) n'est pas comparable à la piqûre d'un pou infectieux. Or, c'est vis-à-vis de cette dernière qu'il importe d'obtenir un résultat en pratique.

D'autre part, s'il est exact que l'inoculation d'une faible quantité de sang virulent ne confère qu'une immunité inconstante, il est par là même

(¹) Séance du 3 juillet 1916.

démontré que cette immunité se rencontre dans certains cas, qu'il y ait eu infection abortive ou même absence de toute réaction thermique.

La méthode, pour être incertaine, n'est donc point toujours inefficace. Il ne saurait être cependant question de son emploi, puisqu'il exposerait le sujet à l'infection dont on désire le protéger.

Mais, si le sang entier est parfois infectieux à dose faible, il n'en est pas de même du sérum. Nos expériences nous ont montré que, privé de globules blancs par une centrifugation préalable, celui-ci n'infecte pas le singe.

Avec beaucoup de précautions et en commençant par nous-même, nous avons pu nous rendre compte qu'il n'était pas non plus virulent pour l'homme. Nous avons déjà publié les résultats de sept expériences qui le prouvent; chez une personne, l'inoculation avait été répétée deux fois à 14 jours d'intervalle, chez une autre trois fois à une distance de 10 jours. Cette dernière, éprouvée, 10 jours après la troisième injection de sérum, par l'inoculation d'une dose de virus suffisante à l'infection d'un cobaye témoin, animal infiniment moins sensible que l'homme, n'avait présenté aucune réaction consécutive.

Notre conviction, à la suite de cette expérience, fut qu'il y avait lieu d'essayer en grand à la première occasion cette méthode d'immunisation préventive par inoculations répétées de sérum pris sur l'homme ou l'animal infectés, et à coup sûr, mais insuffisamment virulent.

Cette occasion nous a été fournie par l'admission d'un contingent de soldats serbes à l'hôpital temporaire de Sidi Fatallah, près Tunis. Les soldats provenaient de formations sanitaires infectées et il y avait chez eux, au moment de leur arrivée, un certain nombre de cas de typhus. L'extension de l'épidémie et la contamination du personnel médical et infirmier étaient donc à craindre dans cet hôpital.

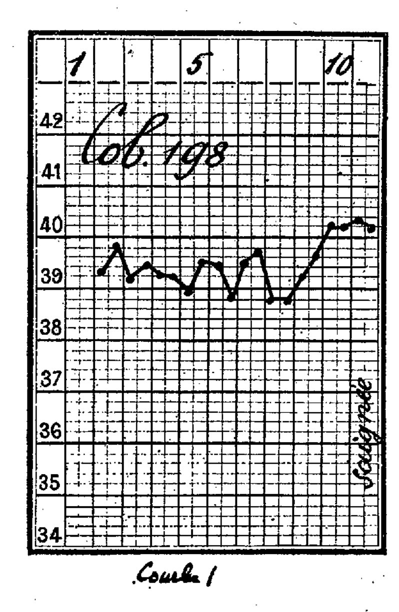
Notre expérience a été ainsi conduite :

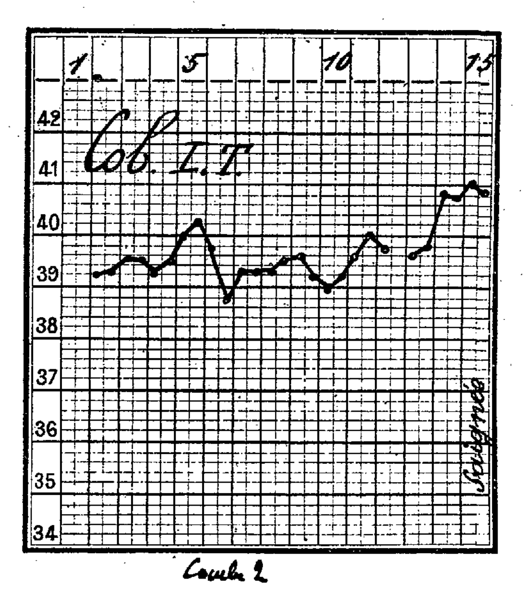
Choix du virus. — Six personnes, appartenant au service médical (cinq Français dont deux dames, un Serbe) ont reçu à 7 jours d'intervalle deux inoculations de sérum de cobayes infectés; 25 soldats serbes, à 9 jours d'intervalle, deux inoculations de sérum de malades.

Les cobayes utilisés ont été le *cobaye* 198 (59$^e$ passage de notre virus I), saigné au 3$^e$ jour de son typhus et le *cobaye I. T.* (57$^e$ passage de notre virus II) au 2$^e$ jour (*Courbes* 1 et 2); les deux malades, les soldats serbes M. G., au 8$^e$ jour de son infection et M. I., au 10$^e$, tous deux atteints assez gravement (*Courbes* 3 et 4).

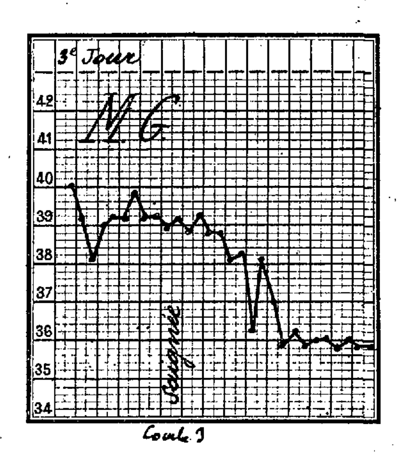
Préparation du vaccin. — Le sang de cobaye ou d'homme est recueilli aseptiquement et placé dans un endroit frais; après 15 heures, on agite légèrement le vase de façon à

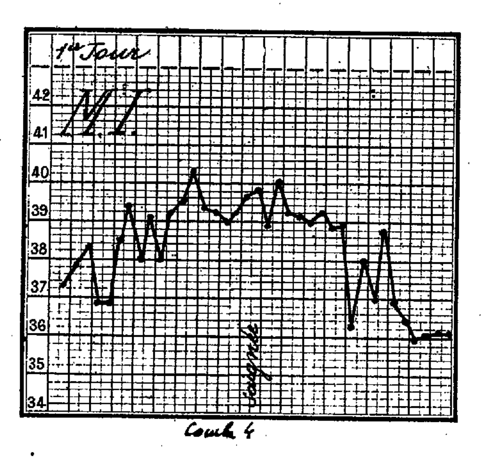
mettre la couche leucocytaire en suspension, puis on centrifuge 5 minutes, ce qui débarrasse le sérum de toutes les cellules et débris cellulaires.




Inoculation. — L'inoculation est pratiquée dans le plus court délai après cette manipulation; elle a été faite sous la peau du bras à la dose de $0^{\text{cm}^3},5$ la première fois, de $1^{\text{cm}^3}$ la seconde.




Suites. — L'inoculation du sérum humain a été supportée sans réaction locale; celle du sérum de cobaye a donné lieu, chez deux personnes, à un peu de rougeur et d'œdème éphémères au point d'inoculation. Il n'y a eu chez aucune réaction générale ou fièvre, même abortive, dans les jours qui ont suivi.

Efficacité. — Aucun de nos vaccinés n'a contracté ultérieurement le typhus. Des mesures énergiques contre les poux ayant été prises dès l'arrivée des soldats serbes, l'épidémie s'est arrêtée en quelques semaines, après avoir frappé seulement une vingtaine de soldats non vaccinés sur un effectif de quatre cents.

L'immunité de nos vaccinés ne saurait donc être attribuée sûrement à la vaccination.

Notre tentative n'en porte pas moins une conclusion pratique, c'est que la méthode, se montrant inoffensive, puisque 38 personnes l'ont subie jusqu'à ce jour sans inconvénients, il y aurait lieu de l'employer, en cas d'épidémie, sur une plus vaste échelle. Il n'y a pas d'autre moyen de la juger et c'est la seule de laquelle on puisse actuellement attendre un résultat en matière de vaccination préventive du typhus exanthématique.

M. Alfred Lartigue adresse des *Lettres sur l'unification des forces et des phénomènes de la nature.*

(Renvoi à la Section de Mécanique.)

A 16 heures et quart l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 heures et demie.

A. Lx.

## BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

---

### Ouvrages reçus dans les séances d'avril 1916.

*Indications pratiques sur l'alimentation de nos troupes pendant leur instruction et en campagne,* par le Dr E. Maurel. Extrait de la *Revue d'Hygiène et de Police sanitaire*, t. XXXVIII, n° 2, février 1916, p. 156. Paris, Masson, 1916; 1 fasc. in-8°. (Présenté par M. A. Gautier.)

*Storia della Chimica; XI. Jöns Jacob Berzelius e la sua opera scientifica*, par le Dr Icilio Guareschi. Torino, Unione tipografico-editrice torinese, 1915; 1 fasc. in-8°. (Présenté par M. Haller.)

Bulletin du Service géologique de l'Indo-Chine. Vol. II, fasc. I : *La succession des horizons paléozoïques dans la région de Hoa-Binh et de Cho-Bo*, par J. Deprat; — fasc. II : *Le Trias et le Lias sur les feuilles de Son-Tay et de Phu-Nho-Quan (Tonkin)*, par J. Deprat; — fasc. III : *Note sommaire sur la géologie du Sud-Annam, de la Cochinchine et du Cambodge*, par H. Lantenois. Hanoï-Haïphong, Imprimerie d'Extrême-Orient, 1915; 3 fasc. in-8°. (Présenté par M. Termier.)

Mémoires du Service géologique de l'Indo-Chine. Vol. III, fasc. IV : *Étude des plissements et des zones d'écrasement de la moyenne et de la basse Rivière Noire*, par J. Deprat; — Vol. IV, fasc. I : *Étude des fusulinidés de Chine et d'Indo-Chine et classification des calcaires à fusulines.* (4e Mémoire) : *Les fusulinidés des calcaires carbonifériens et permiens du Tonkin, du Laos et du Nord-Annam*, par J. Deprat. Hanoï-Haïphong, Imprimerie d'Extrême-Orient, 1915; 2 fasc. in-4°. (Présenté par M. Termier.)

*Rapport sur les opérations du Service d'inspection des établissements classés dans le département de la Seine pendant l'année* 1914, *présenté à M. le Préfet de Police*, par M. Paul Adam. Paris, Chaix, 1915; 1 fasc. in-4°.

*Forme anafilattiche, Eziologia, Sintomatologia, Profilassi e Cura*, par le Dr Ernesto Pesci. Torino, Merlo e Parigi, 1916; 1 vol. in-8°.

*Statistiek van den handel en de in- en uitvoerrechten in Nederlandsch-Indië over het jaar* 1914. Dell I. Batavia, Landsdrukkerij, 1915; 1 vol. in-4°.

*Kungl. Svenska Vetenskapsakademien. Personförteckningar* 1739-1915, utgifna af E.-W. Dahlgren. Stockholm, Almquist et Wiksells, 1915; 1 vol. in-8°.

*Kungl. Svenska Vetenskapsakademiens Årsbok för år* 1915. Stockholm, Almquist et Winksells, 1915; 1 vol. in-8°.

*Lefnadsteckningar öfver Kungl. Svenska Vetenskapsakademiens efter år* 1854 *aflidna Ledamöter*, Band 5, Häfte 1. Stockholm, Almquist et Wiksells, 1915; 1 vol. in-8°.

*Kungl. Svenska Vetenskapsakademiens Arkiv för Mathematik, Astronomi och Fysik*, Band 10, Häfte 4; — *Arkiv för Kemi, Mineralogi och Geologi*, Band 6, Häfte 1; — *Arkiv för Botanik*, Band 14, Häfte 2; — *Arkiv för Zoologi*, Band 9, Häfte 3-4. Stockholm, Almquist et Wiksells, 1915 et 1916; 4 vol. in-8°.

*Kungl. Svenska Vetenskapsakademiens Handlingar*. Band 51, n°s 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11; band 53, n°s 1, 2, 3, 4, 5. Stockholm, Almquist et Wiksells, 1913-1915; 16 fasc. in-4°.

*Year-Book of the Royal Society*, 1916. London, Harrison and Sons, 1916; 1 vol. in-8°.

*Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Discussion of Kew magnetic data, especially the diurnal inequalities of horizontal force and vertical force, from ordinary days of the eleven years* 1890 *to* 1900, by C. CHREE. London, Harrison and Sons, 1916; 1 fasc. in-4°.

Ministère de l'Agriculture, Égypte. Service technique et scientifique. Bulletin n° 1 (Section d'Entomologie) : *Rapport sur le fonctionnement pendant les deux premières années de la loi sur la protection des plantes* (loi n° 5 de 1913), par G. STOREY; — Bulletin n° 2 (Section d'Entomologie) : *Nature des dégâts causés par le ver rose de la capsule* (*Gelechia gossypiella* Saund.), par le Dr LEWIS GOUGH. — Bulletin n° 3 (Section de Chimie) : *Note sur les alcaloïdes de certaines Solanées égyptiennes*, par FRANK HUGHES. Le Caire, Imprimerie nationale, 1916; 3 fasc. in-8°.

Department of Marine and Fisheries, Meteorological Service of Canada. *Upper air investigation in Canada;* part 1 : *Observations by Registering Balloons*, by J. PATTERSON. Ottawa, Government printing bureau, 1915; 1 fasc. in-8°.

*Report of the agricultural Research Institute and College, Pusa*, 1914-1915. Calcutta, Superintendent government printing, India, 1916; 1 fasc. in-8°.

*Annual report of the Board of Scientific Advice for India for the year* 1914-1915. Calcutta, Superintendent government printing, India, 1916; 1 fasc. in-8°.

*Records of the Survey of India*, Vol. VI : *Completion of the Link connecting the Triangulations of India and Russia*, 1913. Dehra Dun, printed at the Office of the trigonometrical Survey, 1914; 1 vol. in-4°.

U. S. Department of Labor. Bureau of Labor Statistics. *The Boot and Shoe Industry in Massachusetts as a vocation for Women. Wholesale Prices* 1890 *to* 1914. Washington, Government printing Office, 1915; 2 fasc. in-8°.

Leland Stanford junior University publications. *The Pronoun of Address in english Literature of the Thirteenth Century*, by ARTHUR GARFIELD KENNEDY. — *The Anoplura and Mallophaga of North american Mammals*, by VERNON LYMAN KELLOGG and GORDON FLOYD FERRIS. Stanford University, California, 1915; 2 fasc. in-8°.

*Annual Report of the Director of the mount Wilson solar Observatory*. Carnegie Institution of Washington, 1915; 1 fasc. in-8°.

Wisconsin geological and natural history Survey. Bulletin n° XXVIII, Soil series n° 2 : *Soil Survey of Waushara County Wisconsin;*—Bulletin n° XXXV, Economic series n° 17 : *The underground and surface water supplies of Wisconsin*, by SAMUEL WEIDMAN and ALFRED SCHULTZ; — Bulletin n° XXXVII, Soil series n° 7 : *Soil Survey of Fond du Lac County Wisconsin;* — Bulletin n° XLIV, Economic series n° 19 :

*Mineral land Classification*, by HOTCHKISS. Madison Wis., 1915; 2 vol. in-4° et 2 vol. in-8°.

*Icones Plantarum Formosanarum nec non et contributiones ad floram formosanam*, par BUNZO HAYATA, vol. V. Government of Formosa, Taihoku, 1915; 1 vol. in-4°.

---

## *ERRATA.*

(Séance du 3 juillet 1916.)

*Élections.*

Page 7, ligne 7, *au lieu de* Grasset, *lire* Brachet.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 17 JUILLET 1916.

PRÉSIDENCE DE M. ED. PERRIER.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Après le dépouillement de la Correspondance, M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Aux pertes nombreuses que l'Académie des Sciences a faites depuis le commencement de la guerre, une perte nouvelle vient s'ajouter, celle d'**Élias Metchnikoff** qui, Russe d'origine, ayant gardé sa nationalité, faisait partie du cadre de nos Associés étrangers; mais il habitait depuis longtemps les environs de Paris, il était sous-directeur de l'Institut Pasteur où il est mort, dans l'appartement même de Pasteur après avoir été soigné dans une modeste chambre de l'hôpital. Quoiqu'il vînt rarement à l'Académie, nous le considérions comme un compatriote illustre et une des gloires de nos corps savants.

Il était né en 1845, à Kharkoff, en Russie; mais il fut initié aux recherches scientifiques en Allemagne par von Siebold et Leuckart qui l'orientèrent d'abord vers l'étude des Parasites. C'est ainsi qu'il découvrit qu'un Ver nématode hermaphrodite, le *Rhabdonema nigrovenosum*, parasite du poumon des Grenouilles, donnait naissance à une génération de Vers sexués, vivipares, venant se ranger dans le genre *Rhabilitis* et dont les larves, après avoir vécu quelque temps dans la vase, revenaient dans les Grenouilles, mais pour habiter leur tube digestif.

En 1865, il étudiait des Vers microscopiques, peu connus, à ventre cilié auquel il donnait, en raison de ce caractère important, le nom de *Gastérotriches*, remplaçant celui d'Ichthydines qu'on leur donnait jusque-là et qui faisait simplement allusion à leur forme générale; il les considérait comme

intermédiaires entre les Rotifères et les Nématodes. En 1866, il faisait connaître un Rotifère nouveau, l'*Apsilus lentiformis*, qui se fixe par une ventouse aux feuilles de Nénuphar. En 1867, cherchant à préciser les affinités des Vers qui avoisinent les Nématodes, il étudiait à Salerne les *Chætosoma* découverts à Saint-Vaast-la-Hougue par Claparède, et s'en servait pour relier aux Nématodes les singulières *Sagitta* qui nagent en haute mer.

L'année précédente (1866), il avait étudié à Giessen une planaire vivant dans la tourbe, le *Geodesmus bilineatus*, sur laquelle nous reviendrons. En 1870, son attention se porte sur une larve singulière, la *Tornaria*, découverte par le naturaliste allemand Johannes Müller qui la considérait comme une larve d'Étoile de mer. Metchnikoff suit son développement, et montre qu'elle se transforme en un ver fouisseur, marin, le *Balanoglossus*, signalé déjà à Messine par Delle Chiaje et oublié jusqu'à ce que Keferstein eût signalé sa curieuse organisation. Quatre ans plus tard, Alexandre Agassiz confirmait ce résultat inattendu. Or, en 1866, Alexandre Kowalevsky avait trouvé que le tube digestif des Balanoglosses présentait, dans sa région antérieure, des poches communiquant avec l'extérieur et rappelant les poches branchiles de l'*Amphioxus* et des Lamproies. Il n'en avait pas fallu davantage pour faire du Balanoglosse un ancêtre lointain des Vertébrés et comme, d'autre part, sa larve semblait l'apparenter aux Étoiles de mer, la conclusion naturelle était que celles-ci devaient, à leur tour, être placées sur l'arbre généalogique des Vertébrés.

D'autre part, en 1877, Hæckel avait cherché à établir que la forme primitive de tous les animaux était une bourse à doubles parois, séparées par une cavité destinée à devenir la cavité générale du corps. La paroi interne de la bourse correspondait, de son côté, à la cavité digestive, tandis que sa paroi externe correspondait au tégument. C'est cette conception qu'on a appelée la *Gastræa-théorie*. Cette Gastræa-théorie fit fortune, d'autant plus qu'on pouvait l'appuyer sur des faits nombreux. Reprenant l'embryogénie de son *Geodesmus*, Metchnikoff, alors professeur à Odessa, trouva que, dès le début, le tube digestif de cette planaire était plein et que la digestion était opérée par les cellules avec lesquelles les aliments se trouvaient en contact immédiat.

Le *Geodesmus* ne rentrait pas, en conséquence, dans la Gastræa-théorie et, si l'on devait le considérer comme une forme primitive, il fallait abandonner les idées d'Hæckel. Cette conclusion, comme celle relative à la parenté des Échinodermes et des Vertébrés, était, sans doute, un peu hâtive;

mais les travaux que nous venons d'examiner montrent, chez leur auteur, une originalité précoce, une rare indépendance d'esprit, en même temps que leur nombre indique son ardeur au travail.

Dès ce moment Elias Metchnikoff, qui avait travaillé à Odessa avec Alexandre Kowalevsky, se voue entièrement à l'Embryogénie; il rêve d'établir sur de nouvelles bases l'Embryogénie comparée, et de s'en servir pour expliquer le mécanisme de la formation des organes dans les organismes, et pour déterminer les causes de leur complexité et de leur diversité.

Dès 1869, les deux savants avaient étudié ensemble les Tuniciers sur qui Kowalevsky avait fait de si étonnantes découvertes et Metchnikoff avait publié un travail sur les larves des Botrylles qui couvrent de plaques marquées d'étoiles et brillamment colorées la face inférieure des rochers baignés par la mer; il s'attaque en 1874 au développement des Méduses et des Siphonophores, ces singuliers organismes flottants, abondamment ramifiés qu'on a tantôt considérés comme des organismes autonomes, tantôt à la façon de Lesueur, comme des associations de Polypes et de Méduses. Metchnikoff montre qu'ils se développent exactement à la façon des arborescences que forment les Polypes et doivent, par conséquent, être eux aussi considérés comme des associations, mais il en fait des associations de Méduses, idée que reprendra plus tard Hæckel. Cela n'a aucune importance, les Méduses étant elles-mêmes une sorte de fleur monopétale, formée par des Polypes.

L'étude des Siphonophores conduit d'ailleurs Metchnikoff à des considérations sur l'origine de l'individualité animale, où il se montre aussi profond théoricien qu'observateur exact. Il est bientôt amené à préciser le sens des métamorphoses qu'éprouvent tant d'animaux marins et qui ne permettent pas de soupçonner, dans les premiers temps de leur éclosion, la nature de tant de larves dont l'origine et le sort demeurent inconnus tant qu'un heureux hasard servant un observateur patient ne vient pas les révéler. De même qu'il a découvert ce que devient la *Tornaria*, il trouve qu'une autre larve, elle aussi depuis longtemps énigmatique, l'*Actinotrocha mirabilis*, se transforme, par un procédé inattendu et des plus singuliers, en un petit ver tubicole, le *Phoronis*, sans organes locomoteurs, mais pourvu d'un panache respiratoire puissant qui avait conduit à le rapprocher des Bryozoaires; on en fait aujourd'hui un Géphyrine.

Elias Metchnikoff poursuit bientôt ses recherches sur des animaux plus élevés. Chez les embryons des Insectes, chez ceux des Poulpes, il découvre des feuillets embryonnaires analogues à ceux que von Baër avait décrits

chez les embryons des Vertébrés. Il fait connaître que l'embryon des Insectes est enveloppé dans un amnios et une séreuse analogues à celles qu'on observe chez les Vertébrés supérieurs. L'embryogénie des Ophiures et des Oursins le met d'autre part en présence d'organismes dans lesquels des éléments qui nagent pendant un certain temps librement dans le liquide de la cavité générale et s'y nourrissent, vont ensuite prendre une place déterminée, se fixent et construisent pièce à pièce des organes importants, des muscles par exemple.

Cet ensemble de travaux et d'observations rigoureuses le conduisent enfin à la conception générale qui a fait sa réputation mondiale, celle de la *phagocytose*. Tous les éléments nés de la segmentation de l'œuf ne prennent pas une place fixe dans l'édification du corps, il en est qui demeurent mobiles, indépendants et continuent quand même à se nourrir et à se multiplier au sein des liquides organiques; ils se nourrissent des déchets des éléments fixes, édificateurs du corps, de ceux qui sont en voie de dépérissement et aussi des éléments étrangers qui, introduits au titre de parasites dans l'organisme, le menacent de destruction. Ils englobent même les corpuscules inertes qu'ils peuvent rencontrer.

Ces propriétés en font des éléments dépurateurs auxquels Metchnikoff a donné le nom de *phagocytes*, c'est-à-dire *cellules mangeuses*, et leur fonction a été, par suite, dénommée *phagocytose*. Chaque espèce animale possède ses phagocytes propres. Chez les Vertébrés et chez l'Homme, ce sont les globules blancs de leur sang. Il y en a de plusieurs sortes qui ont chacun leurs propriétés particulières et que l'on distingue soit au nombre de leurs noyaux, soit à leur faculté de se teindre exclusivement au contact de telle ou telle matière colorante. Ils s'emparent des microbes nocifs et constituent un des plus puissants moyens de défense contre les infections et les maladies; mais ils n'absorbent pas indifféremment tout ce qu'ils rencontrent; chaque sorte de phagocyte a ses préférences particulières et parfois ils arrivent successivement à la curée.

C'est en 1883 que Metchnikoff a posé les bases de cette vaste théorie dont il jugea l'importance telle qu'il renonça à ses fonctions de professeur à l'Université d'Odessa pour s'adonner tout entier à son développement. Il la rattacha d'ailleurs à la théorie des feuillets embryonnaires, en montrant que la phagocytose est une propriété spéciale aux éléments du mésoderme dont il avait établi les liens avec le feuillet interne ou nutritif, avec l'*entoderme* de l'embryon.

La phagocytose n'est pas seulement d'ailleurs un moyen de défense; elle

joue un rôle important dans les transformations que subissent les êtres vivants et même dans leur reproduction : l'œuf est, en effet, un phagocyte des plus actifs ; il se nourrit des œufs plus petits qui l'entourent.

L'importance médicale de la phagocytose ne saurait être exagérée; Metchnikoff en montra lui-même le rôle considérable dans ses travaux sur l'inflammation qui sont aujourd'hui classiques. Devenu sous-directeur de l'Institut Pasteur, il y a créé toute une école de qui l'on peut dire qu'elle a révolutionné de fond en comble nos conceptions sur la marche des maladies et la façon de les guérir. Il s'est employé lui-même à la recherche de procédés thérapeutiques ou prophylactiques nouveaux. C'est ainsi qu'ayant réussi à inoculer aux Chimpanzés la syphilis à laquelle les autres animaux sont réfractaires, il put en poursuivre l'étude expérimentale, et indiqua un procédé pour s'en préserver qui reste encore efficace 18 heures après le contact suspect. Il a étudié de la même façon le choléra infantile et la fièvre typhoïde, et si, pour cette dernière maladie, la vaccination a été trouvée par d'autres, il a du moins le mérite de l'initiative.

Ces recherches sur les maladies lui avaient valu d'être associé à presque toutes les sociétés savantes; il avait remplacé Pasteur à la Société royale de Londres; le Congrès international de Médecine lui avait décerné en 1903 sa plus haute récompense; en 1908, il avait partagé le prix Nobel avec Ehrlich. En 1900, il avait été nommé Associé étranger de notre Académie de Médecine et notre Académie des Sciences lui avait conféré ce titre le 25 mars 1912, après l'avoir nommé Correspondant le 20 juin 1904. Il était commandeur de la Légion d'honneur.

Quel que fût l'éclat de ses travaux en pathologie, Metchnikoff avait eu une ambition plus haute. L'humanité souffre d'un mal auquel aucun de nous n'échappe et qui en apporte avec lui une infinité d'autres : la vieillesse par laquelle nous sommes conduits fatalement et misérablement à la mort. Il y a cependant des êtres vivants qui se défendent de ses atteintes. Certains arbres, sinon tous, peuvent dans un bon terrain vivre indéfiniment; les grands Reptiles, tels que le *Diplodocus* des temps secondaires, ne pouvaient atteindre leur immense taille qu'à la condition de vivre plusieurs siècles; de nos jours les Requins, les Crocodiles semblent ne mourir que d'accident, et grandissent toute leur vie; bien que leur croissance s'arrête vite, les Corbeaux et les Perroquets vivent plus d'un siècle et peut-être aussi les Baleines. Ne serait-il pas possible de mettre l'Homme à l'abri des atteintes de l'âge et de lui assurer une plus longue vie?

Metchnikoff s'est attaqué résolument à ce problème. Il a cherché la cause du blanchissement des cheveux et l'a trouvée dans des phagocytes spéciaux

qui détruisent les cellules pigmentaires. La longueur de notre gros intestin favoriserait dans son parcours la production de fermentations spéciales donnant naissance à des produits tels que le *scatol*, l'*indol* et autres qui contribuent à produire l'artériosclérose, cause principale des accidents séniles. Il préconise un mode d'alimentation propre à prévenir la formation ou à assurer la destruction de ces produits nocifs qui ne résistent pas à l'action de corps tels que l'acide lactique. On ne peut dire que ces recherches aient été couronnées d'un grand succès.

L'aspect de Metchnikoff n'était pas celui d'un homme jeune, et il meurt à 71 ans, à un âge où d'autres conservent encore tout à la fois leur santé et leur activité. Mais on doit lui savoir gré de s'être attaqué à cette grosse question, d'avoir hardiment pensé qu'elle n'était pas insoluble et d'avoir ouvert une voie qui peut-être nous permettra d'approcher du but, sinon de l'atteindre.

Les horizons qu'après Pasteur, qui demeure incomparable, Metchnikoff a ouverts sont immenses. L'Académie des Sciences regrette profondément qu'il ait été enlevé alors que son intelligence pouvait encore produire de grandes découvertes; elle va lever sa séance publique, en signe de deuil.

ASTRONOMIE. — *La renaissance de l'Astronomie à Paris, à partir du* XVI^e^ *siècle*. Note de M. G. **Bigourdan**.

Après avoir jeté un vif éclat au XIII^e^ et au XIV^e^ siècle, avec Guillaume de Saint-Cloud et Jean de Lignières, l'Astronomie d'observation subit en France, même à Paris, une longue éclipse, car dans un intervalle de 200 ans on ne trouve à citer aucune espèce d'observation astronomique; et même au XVI^e^ siècle on ne rencontre que quelques déterminations de latitude.

La première est celle de Fernel, pour sa mesure du degré terrestre (¹). Sans doute parce qu'il n'avait besoin que de données différentielles, il procédait par des mesures de hauteurs méridiennes du Soleil et il employait de grandes règles parallactiques en triangle, à la manière de Ptolémée; la règle qui représentait le rayon était longue de 8 pieds, de sorte qu'on y distinguait facilement chaque minute.

(¹) *Joannis Fernelii Ambianatis* Cosmotheoria. Parisiis, 1528; in-f° de 46 feuillets. Cet Ouvrage étant très rare, on peut recourir utilement à un résumé qu'en a donné Lalande (*Mém. Acad.*, 1787, p. 216-222).

L'histoire même de Fernel [1] (1485?-1558) montre quelles difficultés rencontraient alors ceux qui se livraient à ce genre de travaux : les dépenses de tous genres qu'il avait dû faire pour les siens avaient fortement dérangé sa fortune; et, cédant à une vive pression de sa famille, il dut les abandonner pour une profession plus lucrative. Il choisit celle de la médecine et y réussit d'ailleurs pleinement, puisqu'il devint, comme malgré lui, médecin de Henri II.

Pour Paris il trouve 48°38′ de latitude, au lieu de 48°51′ qui correspond à peu près au collège Sainte-Barbe où il habitait. Cette différence de 13′ tient à ce qu'il adoptait, pour l'obliquité de l'écliptique, la valeur trop grande de Ptolémée; il est vrai que les Arabes l'avaient corrigée, mais leurs travaux étaient encore à peu près inconnus en Europe. Avec une valeur correcte de cette obliquité, il aurait trouvé 48°51′,5, résultat remarquablement précis.

Le nombre inexact donné par Fernel fut adopté non seulement par ses contemporains, comme Oronce Finée (1494-1565), mais encore par les générations suivantes [2] jusqu'au moment où Gassendi la détermina enfin assez exactement, en 1625 ou 1630 [3].

Auparavant, il est vrai, d'après une lettre de Peiresc (P.—$C_1$, I, 548), Jacques Aleaume [4] et Louis de Machault [5] l'avaient déterminée à diverses reprises, mais leurs résultats ne nous sont pas parvenus.

---

(1) Sa vie a été écrite par Guillaume Plancé (Plantius).

(2) Ptolémée adoptait pour cette latitude 48°10′.

(3) En 1625 Gassendi et Mydorge trouvent 48°45′, puis 48°52′; et en 1628 Gassendi paraît donner la préférence au premier de ces nombres, erroné de 5′ à 6′. En 1630, il admet 48°52′.

(4) *Jacques Aleaume* ou Alleaume, ingénieur militaire, était fils de Pierre Aleaume, élève et secrétaire de Fr. Viète. Celui-ci, en 1600, absorbé par les affaires de sa charge, avait confié à ses élèves, Pierre Aleaume et Charles du Lys, le soin de traduire en français et de publier ses Œuvres; mais ce projet ne reçut pas d'exécution. Les papiers de Viète passèrent entre les mains de P. Aleaume, puis dans celles de son fils Jacques Aleaume; ce dernier remit à Anderson, pour le publier, le *De Æquationum* de Viète (1615). J. Aleaume, qui mourut en 1627, possédait de beaux instruments, tels que boussoles de déclinaison, d'inclinaison, un « grand compas de perspective », un instrument fait par Ferrier pour tracer les surfaces paraboliques des miroirs et lentilles, etc.

Il laissa en manuscrit un « libvre des lunettes et miroirs », un traité de perspective édité dans la suite par Étienne Migon et qui aurait été pillé par Desargues, etc.

Voir P.—$C_1$, I, 408, 478, 895; IV, 435, 517; VI, 170, 291, 671; VII, 224....

(5) Il était le frère du P. de Machault, principal du collège des Jésuites, à Paris, et il mourut dans les guerres du Piémont vers 1626. Voir P.—$C_1$, I, 30, 228, et IV, 196.

Contrairement à ce qu'on a soutenu parfois, la découverte des lunettes fut connue de très bonne heure à Paris, puisque c'est par le Parisien Badouère que Galilée lui-même apprit l'invention de ce merveilleux instrument. Nous connaissons d'ailleurs les observations de satellites de Jupiter que Peiresc fit à Paris en 1612; mais pendant quelques années il n'y trouva pas d'imitateurs; et en 1625, dans une lettre à W. Snellius, Gassendi se plaint de n'avoir pu amener à l'Astronomie qu'une seule recrue parisienne, le jeune *Pierre Le Frère* (1), mort d'ailleurs peu après.

A cette époque, vers 1625, les seuls astronomes que nous trouvons à Paris sont J.-B. Morin, Gassendi et Boulliau, qui tous avaient reçu à Aix les leçons de J. Gaultier, et qui allaient devenir célèbres à des titres divers.

*Jean-Baptiste Morin* (2) (Villefranche-de-Beaujolais, 23 février 1583 — Paris, 6 novembre 1656) est le dernier des astrologues qui se soit fait une grande réputation. Après ses études classiques, faites à Aix, il étudia la Médecine et fut reçu docteur à l'Université d'Avignon en 1603.

Venu ensuite à Paris, il est envoyé en Allemagne par un riche protecteur, Claude Dormy, pour visiter des mines et faire des recherches sur les métaux; il s'occupe aussi quelque temps d'Alchimie.

Bientôt il néglige la Médecine et s'adonne entièrement à l'Astrologie judiciaire. Cette fausse science, déjà battue en brèche, n'était pas sans danger pour les adeptes qui la mêlaient aux intrigues de Cour; mais comme certains hommes publics lui accordaient confiance, avec du savoir-faire elle pouvait aussi conduire à la fortune.

Quelques horoscopes réussis mirent ainsi Morin en vogue, et il eut successivement divers protecteurs que souvent il paraît avoir indisposés par ses exigences : le duc de Luxembourg, frère du connétable de Luynes (1621), Richelieu, Mazarin.

---

(1) Ce jeune homme était fils du premier président au Parlement de Grenoble, *Frère de Montfort*. Gassendi expose à Snellius qu'il n'y a pas à Paris de constructeur assez habile, et le prie de faire construire en Hollande, pour le jeune Le Frère, un bon quart de cercle de fer d'environ 2 pieds de rayon, donnant les minutes par transversales, et muni de tous les accessoires. Les réponses de Snellius, en mai et juillet 1625, nous apprennent que l'instrument fut construit en effet.

(2) *La vie de Maistre Jean-Baptiste Morin*.... Paris, 1660, in-12. La même vie, en latin, se trouve en tête de l'*Astrologia Gallica* de Morin. La Haye, 1661, in-f°.

Cette vie est écrite par un « ami », et l'on sent qu'il rapporte à peu près uniquement ce que disait Morin, très indulgent sur son propre compte.

Voir aussi BAYLE, *Dict. critique*; — NICÉRON, t. III; — DELAMBRE, *Hist. de l'Astr. mod.*, t. II, 235-274, etc.

Par la protection de Marie de Médicis il obtient, en 1630, une chaire de Mathématiques au Collège royal; il combat les opinions de Copernic et de Galilée, puis s'occupe du problème des longitudes, à la solution duquel étaient attachées de grosses récompenses. Ce fut l'origine de l'une des trois grandes querelles qui résument ce qu'il importe de savoir sur sa vie : il s'attira les deux autres en soutenant, avec sa fougue habituelle (¹), l'immobilité de la Terre et les principes de l'Astrologie judiciaire.

*Ismaël Boulliau* (Loudun, 28 septembre 1605 — Paris, 25 novembre 1694) paraît avoir été aussi silencieux que Morin fut bruyant. Il a laissé dans l'Astronomie une trace assez brillante, quoique cette science ait été loin d'être son occupation unique. Il cultiva, en effet, la théologie, l'histoire, les mathématiques, la bibliographie, enfin la diplomatie, qui lui fit entreprendre divers voyages : en Hollande où il accompagne comme secrétaire l'ambassadeur de France; à Constantinople et dans le Levant.

Comme astronome, Boulliau est surtout connu par ses Ouvrages théoriques; c'est que ses observations, faites généralement avec des instruments insuffisants, sont restées en grande partie manuscrites jusqu'à la publication des *Annales célestes* (1901), où Pingré en a inséré un assez grand nombre. Elles forment principalement deux Volumes conservés à l'Observatoire de Paris (B, 5, 11, 12); d'autres se trouvent dans sa correspondance, à la Bibliothèque nationale (²).

Au moment où nous nous trouvons, c'est-à-dire au premier quart du XVIIᵉ siècle, l'immense majorité des astronomes s'applique encore à peu près uniquement à ce qui touche à l'Astrologie, à la mesure du temps et à la détermination des coordonnées géographiques. De là d'innombrables Tables planétaires, éphémérides astronomiques, traités sur les cadrans solaires, etc.

(¹) Dans la *Vie de Morin*, l'ami dit (p. 20) que notre astrologue n'était pas d'humeur à plier aux habitudes de la Cour, « où pour l'ordinaire on est obligé de mettre sur sa langue ce qui est le plus éloigné de la pensée ». L'ami ajoute (p. 21) que Morin avait au moins un duel par an.

(²) Son père, qui s'appelait aussi Ismaël, avait également fait quelques observations astronomiques, rapportées en partie par le fils dans son *Astronomia Philolaïca*. D'autres, probablement inédites, et relatives aux comètes de 1607 (Halley) et 1618 III, sont dans les manuscrits du fils (B, 5, 12, p. 93) : ce sont de simples alignements entremêlés de remarques astrologiques.

A partir de ce moment on suivit aussi plus attentivement les comètes, si longtemps regardées comme des phénomènes atmosphériques; aussi donnèrent-elles lieu, dès lors, à beaucoup de publications, surtout quand elles étaient brillantes.

Les lunettes avaient étendu le champ des observations aux surfaces solaire et lunaire, mais elles étaient encore trop imparfaites pour permettre l'examen des surfaces planétaires.

Aussi les astronomes qui ne pouvaient, à la suite de Tycho, s'attacher à la détermination des lieux des planètes et des étoiles, se bornaient presque uniquement aux observations d'éclipses, faites surtout en vue des longitudes.

Gassendi est à peu près le seul astronome de ce temps qui fixe les positions des planètes; et nous avons vu qu'il le faisait au moyen du Rayon. Un mérite de Boulliau est d'avoir souvent déterminé de même ces positions, mais au moyen d'estimations faites à la lunette, par rapport à des étoiles voisines.

Ainsi, sans exercer un rôle brillant, l'astronomie parisienne de l'époque peut soutenir la comparaison avec ce qui se faisait ailleurs, sauf avec l'école d'Aix dont la durée fut si courte et avec celle de Dantzig, qui allait débuter avec Hévélius.

La première observation parisienne que nous rencontrons est celle de l'occultation de l'Épi de la Vierge par la Lune; elle fut faite le 5 juillet 1623 par Boulliau qui avait momentanément quitté Loudun.

Gassendi, à Digne, ne vit alors qu'une appulse; mais venu ensuite à Paris, en 1625, il y observa une occultation de Vénus le 9 février, ainsi qu'une éclipse de Lune le 23 mars.

Cette occultation fut observée à l'œil nu : Gassendi, non prévenu sans doute du phénomène, se promenait, dit-il, sur le Pont-Neuf, et nota l'heure à l'horloge de la Samaritaine; ensuite, par une hauteur de Sirius prise avec un quart de cercle de carton, il s'assura que l'horloge était à peu près bien réglée.

Quant à l''éclipse du 23 mars, elle fut observée avec plus de soin. Gassendi s'était associé pour cela à Mydorge [1], qui possédait un quart de cercle

---

[1] *Claude Mydorge* (Paris, 1585—juillet 1647) fut d'abord conseiller au Châtelet, puis trésorier de la généralité d'Amiens, charge qui lui laissait bien des loisirs et la facilité d'habiter Paris.

Après la mort de Viète, il passait pour le plus habile mathématicien de France. Il

de fer de 1 pied seulement du rayon, mais très bien divisé, dit Gassendi, et muni de tous les accessoires nécessaires pour en rendre l'usage très commode.

Gassendi et Boulliau étant retournés chacun dans sa province, Mydorge seul observa l'éclipse de Lune du 20 janvier 1628 à Paris; du moins Gassendi ne cite que lui; mais une lettre de Peiresc (P. — C., V, 274) dit que Des Hayes ([1]), le P. Mersenne, Morin et d'autres prirent part à l'observation de Mydorge.

*Passage de Mercure de 1631* ([2]). — Revenu à Paris de 1630 à 1632, Gassendi fut seul à observer les phénomènes remarquables de ces deux années ([3]), notamment le passage de Mercure sur le Soleil du 6 novembre 1631.

Ce passage avait été annoncé par Képler en 1630, au moyen de ses Tables Rudolphines, dressées au moyen des observations de Tycho. Beaucoup d'astronomes se préparèrent donc à l'observer, mais Gassendi fut à peu

---

consacra de grosses sommes à des expériences de tout genre, principalement d'optique; et en 1627, il fit tailler pour Descartes, alors très occupé aussi d'optique, des objectifs de diverses formes, paraboliques, hyperboliques, etc. Ces formes d'objectifs avaient déjà occupé Aleaume.

([1]) Mydorge était marié à la sœur de La Haye, ambassadeur de France à Constantinople. Cet observateur serait donc ou l'ambassadeur lui-même, ou quelqu'un de sa famille.

([2]) Cette date de 1631 est mémorable aussi en Astronomie et en Géodésie, par l'invention du *vernier*, signalée alors dans l'Ouvrage suivant :

*La construction, l'usage et les propriétés du* QUADRANT NOUVEAU DE MATHÉMATIQUE, ..., composé par Pierre Vernier, capitaine et chastellain pour Sa Majesté au chasteau Dornans, Conseillier et Général de ses Monnoyes au Comté de Bourgogne. A Brusselles, 1631; in-12 de 122 pages.

Ce titre renferme tout ce que nous savons sur l'auteur, et Lalande fit à ce sujet de vaines recherches (*Bibliogr.*, p. 196, et *Astr.*, t. II, p. 594). Il fut plus heureux en protestant contre le nom de *Nonius* que, même encore, les étrangers donnent parfois au petit arc qui constitue le vernier : le procédé de Nonius, pour lire les plus petites parties d'une division, est tout différent et abandonné depuis longtemps.

L'Ouvrage de Vernier indique un esprit vigoureux qui avait vu toute la portée de son invention. Comme il est rare, on peut consulter le résumé qu'en donne Delambre (*Hist. Astr. mod.*, t. II, p. 119-122). Voir aussi *Mémoires de Math. et de Phys. rédigés à l'Obs. de Marseille*, t. I, 2e Partie, p. 7.

([3]) Voici ces observations en dehors de celle du passage de Mercure : 1630 juin 10, éclipse de Soleil; — juin 19, occultation de Saturne par la Lune; — 1631 novembre 8, éclipse de Lune; — 1632 février 5, occultation de Mars par la Lune.

près seul à y réussir. C'est qu'alors on attribuait aux planètes des diamètres énormes, par exemple 3′ à celui de Mercure, qui alors aurait été très visible à l'œil nu sur le Soleil; en réalité il n'atteignait que le $\frac{1}{10}$, soit 20″ environ, et au premier moment Gassendi, qui observait par projection à la chambre noire, le prit pour une petite tache, dont il marqua la position.

Quant à l'heure, elle devait être déduite de hauteurs du Soleil, prises au quart de cercle par un aide placé dans une pièce inférieure, et auquel on donnait le signal en frappant sur le plancher.

Des nuages étant survenus, l'aide quitta cet instrument et quand Gassendi, dans une éclaircie, eut constaté le déplacement de la tache, il ne put avoir l'heure. C'est ainsi qu'il observa seulement la sortie de la planète.

Cette observation n'en fut pas moins très précieuse, et elle est justement célèbre.

Gassendi ayant de nouveau quitté Paris, les observations astronomiques s'y trouvèrent momentanément négligées, tandis qu'elles prenaient en Provence le remarquable développement que la mort de Peiresc devait interrompre en 1637.

C'est dans l'intervalle, en 1634, qu'eut lieu la conférence bien connue de l'Arsenal sur la détermination des longitudes et que, par décision de Louis XIII, le méridien de l'île de Fer fut choisi comme premier méridien.

## CORRESPONDANCE.

M. Depage, élu Correspondant pour la Section de Médecine et Chirurgie, adresse des remercîments à l'Académie.

M. Bataillon, élu Correspondant pour la Section d'Anatomie et Zoologie, adresse des remercîments à l'Académie.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Démonstration du caractère rationnel des nouvelles formules de solubilité.* Note [1] de M. **Alb. Colson.**

Dans ma dernière Note [2], j'ai indiqué les formules qu'aurait pu trouver Van't Hoff en suivant sa méthode, mais en appliquant plus strictement les principes fondamentaux de la Thermodynamique aux solutions réversibles [3].

J'arrivais à conclure que, dans certains cas, la solubilité C est liée à la chaleur de saturation L à T° par l'égalité

$$C = C_0^{\frac{L}{K}}$$

et que, dans le cas général, intervient le volume du dissolvant $V_1$ capable de dissoudre une molécule saline à T° sous la pression osmotique correspondante $p$ ainsi que la contraction $\varepsilon$ entre l'état final (solution saturée) et l'état initial (eau-sel). Il en résulte que

$$L.dT = A.T.(V_1 + \varepsilon).dp.$$

Il restait toutefois à prouver que les principes de la Thermodynamique, exclusivement appliqués jusqu'ici aux systèmes monovariants (vapeurs saturées, dissociations hétérogènes, ...), s'étendent aux dissolutions qui sont des systèmes bivariants.

C'est cette lacune que je me propose de combler. Pour cela, je vais établir que le rendement d'une machine actionnée par la pression osmotique est celui d'une machine de Carnot.

A la base d'un cylindre fermé par une paroi semiperméable, j'introduis une molécule du corps soluble en léger excès $\mu$. Sur le corps appuie un piston constamment maintenu à une pression un peu inférieure à la pression osmotique $p$ correspondante à la température de saturation T°.

En plongeant le piston dans le liquide dissolvant, celui-ci passe à travers la paroi semi-perméable, se sature et exerce sous le piston une pression sans

---

[1] Séance du 10 juillet 1916.

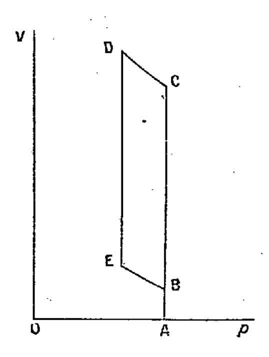
[2] *Comptes rendus*, t. 162, 1916, p. 753.

[3] Dans cette Note, à la page 754, $C = \frac{1}{V_1}$ doit être remplacé par $\frac{1}{V}$; mais le remplacement du volume d'eau par celui de la dissolution V n'altère en rien mes conclusions.

cesse égale à la pression osmotique à T°, par définition, puisque l'on compense par une source chaude la chaleur moléculaire de dissolution à saturation L, afin de maintenir invariablement la température T°.

Quand la molécule est dissoute, on supprime la source chaude tout en déchargeant faiblement et progressivement le piston. L'eau pénètre alors dans le cylindre, dilue la solution et provoque un abaissement de température $dT$, d'après mes expériences sur les chlorures alcalins, etc. Néanmoins, il ne se dépose pas de sel et la solution reste à tout moment saturée grâce à l'excès $\mu$.

Portons en abscisses les pressions osmotiques $p$ et les volumes V en




ordonnées. Soit AB une longueur représentant le volume $V_0$ du sel solide, AC le volume V de la dissolution saturée à T°. La branche CD figurera la suite des états de la dissolution passant de l'état saturé à T à l'état saturé à $T - dT$.

Comprimons sous la pression $p - dp$ la solution, maintenue à $T - dT$ par une source froide : la droite DE figurera la suite des états qui amène le dépôt de la molécule solide dissoute. Une compression adiabatique allant de $p - dp$ à $p$ nous ramène en B, par une suite d'opérations réversibles.

L'aire du rectangle curviligne BCDE représente le travail extérieur accompli pendant ces transformations, et il est équivalent à la chaleur absorbée $dL$, c'est-à-dire égal au produit $425 \times dL$. Donc

$$425 \times dL = (V - V_0)\, dp.$$

D'autre part, le cycle étant réversible, on a

$$\frac{dL}{L} = \frac{dT}{T}.$$

Éliminant $dL$ entre ces deux équations, on retrouve

$$425 \times L \times dT = (V - V_0) \times T \times dp.$$

Introduisons le volume d'eau $V_1$ capable de dissoudre une molécule de sel à T, le facteur $[V - V_0]$ devient $[V_1 + (V - V_0 - V_1)]$; or $(V_1 + V_0 - V)$ représente la contraction $\varepsilon$, différence entre l'état initial et l'état final du système. Ainsi on retrouve la forme indiquée dans ma Note antérieure et rappelée au début de celle-ci.

Je rappelle que cette formule, différente des relations admises, précise les analogies qui existent entre les dissolutions saturées et la fusion, relie ces deux genres de phénomènes et explique ce fait singulier que la contraction $\varepsilon$, dont J. Thomson a montré le rôle prépondérant dans la fusion des corps, n'a pas d'action sensible sur l'allure des dissolutions. Il était donc bon d'en établir directement le caractère rationnel.

Le raisonnement antérieur qui a donné cette formule est donc bon. Appliquons-le au cas où intervient la chaleur d'équilibre $\rho$, c'est-à-dire la chaleur de dissolution d'une molécule solide dans une dissolution presque saturée.

Dans la nouvelle formule, le volume $V'_1$ du dissolvant est beaucoup plus grand que le volume d'eau $V_1$ de la formule en L. D'autre part, la pression constante sous laquelle se développe ce volume $V'_1$ est la différence $p - p_0$ de deux pressions osmotiques voisines : celle de la solution saturée $p$ et celle de la solution presque saturée $p_0$. Dans ces conditions, le travail développé dans ce genre de saturation $(V'_1 + \varepsilon)(p - p_0)$ correspond à la chaleur d'équilibre $\rho$ à T°, comme dans le cas précédent le travail $(V_1 + \varepsilon)p$ correspondait à la chaleur de saturation L à T°; de sorte que le travail élémentaire relatif au cycle réversible $(V'_1 + \varepsilon) \times d(p - p_0)$ correspond à

$$\frac{425 \times dT}{T}\rho \quad \text{ou} \quad \frac{A\,dT}{T}\rho;$$

d'où la formule

$$\rho \times dT = A \times T(V'_1 + \varepsilon) \times d(p - p_0).$$

*Conclusion.* — L'application de ces formules rationnelles montre l'importance des chaleurs L et $\rho$, malheureusement peu connues encore. Chacune a son rôle dans l'étude des solubilités; je ne le discuterai pas ici.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Synthèse biochimique d'un galactobiose.* Note (¹) de MM. **Ém. Bourquelot** et **A. Aubry**, présentée par M. Moureu.

On sait que, si l'on traite du glucose *d* en solution concentrée par de l'émulsine, on détermine la formation d'un hexobiose résultant de l'union de $2^{mol}$ de l'hexose. On a pu réaliser ainsi la synthèse d'un glucobiose déjà connu sous le nom de *gentiobiose* [2] et qui, conformément à la doctrine de la réversibilité des actions fermentaires, est hydrolysé, lorsqu'il est en solution étendue, par le même ferment [3].

Dans les recherches que nous résumons aujourd'hui [4], nous avons pu effectuer la synthèse d'un nouvel hexobiose, résultant, celui-ci, de l'union de $2^{mol}$ de galactose *d*: d'un *galactobiose*, par conséquent.

Cette synthèse a été obtenue, comme celle du gentiobiose, à l'aide de l'émulsine, mais en faisant agir ce produit fermentaire sur du galactose.

On a préparé $1200^{cm^3}$ d'une solution aqueuse de galactose saturée à $+20°$ et on l'a additionnée de $6^g$ d'émulsine et d'un peu de toluène. La proportion de sucre entrée en solution a été dosée : elle était d'environ $34^g$ pour $100^{cm^3}$. Avant l'addition de l'émulsine, la rotation de la solution était de $+58°20'$; après cette addition, elle n'était plus que de $+58°4'$.

On a abandonné le mélange à la température du laboratoire, en ayant soin d'agiter de temps en temps, jusqu'au moment où la réaction, caractérisée par une diminution de la rotation nous a paru arrêtée. A ce moment, exactement après 5 mois et 12 jours, la rotation avait passé à $+55°28'$, ayant diminué, par conséquent, de $2°36'$.

Le mélange ayant été porté à 100° pour détruire le ferment, puis refroidi, on l'a additionné de $3^{vol}$ d'alcool à $90^c$, après quoi on a filtré et distillé pour retirer l'alcool. Pour débarrasser le résidu du galactose non combiné, on l'a dilué avec de l'eau distillée et additionné de $10^g$ de glucose par litre; on a ajouté ensuite de la levure basse, qui, en présence du glucose, a fait fermenter rapidement l'un et l'autre sucre. La fermentation terminée, on a filtré le liquide, puis on l'a fortement concentré par distillation sous pression réduite. Le produit résiduel a été alors purifié de différentes façons et

---

(¹) Séance du 10 juillet 1916.

(²) Ém. Bourquelot, A. Hérissey et J. Coirre, *Synthèse biochimique d'un sucre du groupe des hexobioses, le gentiobiose* (*J. de Pharm. et de Chim.*, 7e série, t. 8, 1913, p. 441).

(³) Le mot « émulsine » désigne ici le produit tel qu'on le retire des amandes et qui contient plusieurs ferments. Celui qui agit dans la synthèse du gentiobiose est un ferment spécial qui a été appelé *gentiobiase*.

(⁴) Elles seront exposées en détail dans un autre recueil.

amené à l'état d'extrait ferme, jaune, transparent. Cet extrait a été enfin épuisé à l'ébullition par de l'alcool fort.

Les tentatives que nous avons faites pour obtenir, à l'état cristallisé, le produit formé par l'émulsine n'ont pas réussi jusqu'ici. Nous avons pu démontrer cependant que c'était un galactobiose et nous avons établi ses principales propriétés.

Sa nature d'hexobiose a d'abord été démontrée par les propriétés de son osazone. Cette osazone, en effet, comme les osazones de tous les hexobioses réducteurs connus, est soluble dans l'eau bouillante. Comme d'ailleurs, dans le traitement de la solution du produit par l'acétate de phénylhydrazine, il ne s'est pas fait de précipité insoluble dans le liquide bouillant, il s'ensuit, avec certitude, que ce produit était complètement débarrassé de galactose libre, sans quoi il y eut eu formation de galactosazone, laquelle est insoluble.

Il s'ensuit en outre que le pouvoir réducteur que possède le produit lui appartient en propre. Des expériences particulières, portant sur des échantillons variés, ont montré que $1^g$ de l'hexobiose réduit comme $0^g,584$ à $0^g,625$ de galactose. Ce sont là des chiffres très voisins de ceux qu'on a trouvés pour d'autres hexobioses, notamment pour le gentiobiose ($0^g,617$).

L'osazone a été purifiée à deux reprises par dissolution dans l'eau bouillante et cristallisation par refroidissement; elle se présentait sous formes de belles aiguilles jaune franc, lesquelles, rassemblées sur un filtre, lavées à l'eau froide et desséchées dans le vide sulfurique ont donné un produit brun foncé. Ce produit trituré dans un mortier a fourni une poudre jaune qui, chauffée lentement, au bain d'huile, dans un tube a bruni vers 100°, a commencé à se ramollir vers 114° et a fondu complètement à 126°, 7 (corr.). La même poudre desséchée successivement à 90° pendant 3 heures, puis à 100° pendant 4 heures, ne brunissait plus que vers 115°; elle se ramollissait ensuite et fondait encore à 126°, 7 [1].

Le produit, hydrolysé à 106° par l'acide sulfurique à 3 pour 100, a fourni un sucre réducteur possédant le pouvoir rotatoire du galactose. C'est ainsi que, pour quatre échantillons différents, on a trouvé comme pouvoir rota-

(1) Ém. Fischer et E.-Fr. Armstrong paraissent aussi avoir obtenu, *par voie chimique*, un galactobiose; il diffère en tout cas de celui que nous décrivons, car son osazone fondait seulement à 176°-178° (corr.). Ils n'indiquent pas, d'ailleurs, d'autres propriétés de ce galactobiose qu'ils appellent *galactosidogalactose* (*Ber. chem. Gesells.*, t. 35, 1902, p. 3144).

toire, à $+20°$, du sucre provenant de l'hydrolyse : $\alpha_D = +76°,1$, $+75°$, $+76°,9$ et $+79°,5$, c'est-à-dire, étant donné que le produit n'était pas complètement pur, des chiffres aussi rapprochés que possible du pouvoir rotatoire classique ($+79°$ à $+80°$). L'hexobiose résultant de l'action synthétisante de l'émulsine est donc bien un galactobiose.

On a déterminé aussi le pouvoir rotatoire du galactobiose lui-même, et l'on a effectué cette détermination dans l'eau et dans l'alcool. On a trouvé, à 19° : 1° dans l'eau : $\alpha_D = +54°,1$; 2° dans l'alcool à 90° : $\alpha_D = +39°,3$; 3° dans l'alcool à 40° : $\alpha_D = +49°,18$. On voit que le pouvoir rotatoire de ce biose est notablement plus faible dans l'alcool que dans l'eau, diminuant à mesure que le titre alcoolique augmente.

Enfin, on a essayé l'action hydrolysante de l'émulsine sur le galactobiose en solution aqueuse étendue. On a opéré sur une solution renfermant $1^g,960$ de biose pour $50^{cm^3}$. Cette solution réduisait comme si elle avait renfermé $1^g,225$ de galactose. Elle accusait une rotation de $+4°12'$ ($l=2$). On l'a additionné de $0^g,35$ d'émulsine, ce qui a abaissé la rotation à $+3°56'$, puis on a abandonné le mélange à la température du laboratoire. Voici les résultats observés jusqu'au douzième jour :

| Durée de l'action. | Rotation ($l=2$). | Réduction. |
|---|---|---|
| 1 jour.......... | $+4°14'$ | » |
| 5 jours......... | $+4.40$ | » |
| 12 jours......... | $+4.48$ | $1^g,450$ |

Comme on pouvait le prévoir, la doctrine de la réversibilité se trouve vérifiée : le galactobiose est hydrolysable par l'émulsine (par un ferment spécial contenu dans l'émulsine). L'hydrolyse s'est effectuée d'ailleurs lentement, car en 12 jours il y a eu moins de 50 pour 100 du biose hydrolysé.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la présence d'une phycoérythrine dans le* Nostoc commune. Note de M. E. **Teodoresco**, présentée par M. Gaston Bonnier.

La phycoérythrine a été toujours regardée comme la matière colorante caractéristique des Floridées. Cependant, étant donnée la grande ressemblance qui existe entre la phycocyanine et la phycoérythrine, étant donné le fait que les deux pigments se trouvent mélangés chez certaines Algues

rouges (¹), on peut se demander si l'on ne trouverait pas également de la phycoérythrine chez les Cyanophycées.

Gaidukow, dans ses Mémoires sur les changements de la couleur des Oscillariées (²), avait abordé un peu cette question; cet auteur s'exprime, à cet égard, de la manière suivante : « Les propriétés de la matière colorante violette de l'*Oscillaria sancta* ressemblait beaucoup, d'après mes observations, à celles du pigment rouge du *Ceramium;* ces propriétés étaient à peu près identiques à celles de la matière colorante violette ou pourpre du *Chondrus crispus*. »

Mais c'est surtout dans une Note récente de Bocat (³) que nous trouvons pour la première fois une indication nette sur cette question. Cet auteur a extrait de l'*Oscillaria Cortiana*, par la macération dans l'eau douce éthérée, un liquide rose violacé par transparence, jaune brun par réflexion, ayant l'aspect d'une solution de phycoérythrine; le spectre d'absorption de ce liquide a donné trois bandes : première, maximum vers λ560; deuxième, maximum vers λ535; troisième, maximum vers λ495. D'après Bocat ce pigment est parent de la phycoérythrine mais ne lui est pas identique. Je pense cependant (et c'est aussi l'opinion de Kylin) que les propriétés spectroscopiques du pigment de l'*Oscillaria Cortiana* sont identiques, ou peu s'en faut, à celles de la phycoérythrine vraie; en effet les milieux des trois bandes d'absorption de la phycoérythrine de *Ceramium rubrum* occupent les positions suivantes : I. λ567; II. λ539; III. λ496.

C'est surtout par l'observation de Bocat que j'ai été amené, dès 1911, à rechercher si la phycoérythrine ne se trouverait pas également chez d'autres Cyanophycées. A cet effet, j'ai effectué de nombreuses macérations avec plusieurs espèces d'Algues bleues d'eau douce; mais j'avais obtenu d'abord des liqueurs, qui, par transparence, étaient bleues ou violettes; tous les essais de séparer, par cristallisation, la phycoérythrine, qui aurait pu s'y trouver en faibles quantités, ont été infructueux. Cependant, une expérience faite dans un autre but avec le *Nostoc commune*, m'a donné un résultat satisfaisant. Cette algue avait été récoltée au mois de juin dans le Jardin botanique de Bucarest; la plante, qui avait poussé au soleil sur une pente recouverte d'herbe et de mousses, n'avait pas tout à fait la couleur bleu verdâtre normale, mais une couleur d'un bleu brunâtre ou d'un bleu jaunâtre. Tandis que avec les échantillons de *Nostoc commune* habituel j'obtenais, généralement, des solutions bleues par transparence et rouge carmin par réflexion, j'ai obtenu avec les échantillons récoltés au Jardin

(¹) Voir surtout KYLIN, *Zeitschrift für physiologische Chemie*, Bd. 69 et 76.

(²) GAIDUKOW, *Scripta botanica Horti Petropolitani*, fasc. 22, 1903, p. 66; *Ber. d. d. bot. Gesellsch.*, Bd. 21, p. 521.

(³) BOCAT, *Comptes rendus de la Société de Biologie de Paris*, t. 64, p. 101.

botanique une solution dans laquelle le pigment bleu paraissait manquer complètement; en effet, par la macération dans l'eau chloroformée, j'ai extrait un liquide, qui, examiné par transparence, avait acquis une belle couleur rouge, à peu près comme le ton n° 66 du Code des couleurs de Klincksieck et Valette (¹); quand on regardait les extraits à la lumière réfléchie, la teinte était d'un jaune-orangé, à peu près comme le ton 111 du même Code.

Soumise à l'examen spectroscopique, cette solution présentait trois bandes d'absorption; en photographiant ce spectre sous une épaisseur de $40^{mm}$ à $120^{mm}$ (suivant la concentration), j'ai pu déterminer les positions de ces bandes, dont les milieux correspondent aux longueurs d'onde suivantes :

| | | |
|---|---|---|
| Milieu du maximum | I | vers λ566 |
| » | II | vers λ535 |
| » | III | vers λ496 |

Il va sans dire que les milieux des bandes aussi larges et à bords aussi nébuleux que celles qu'on obtient dans ce cas, ne sont pas faciles à déterminer très exactement; mais comme j'ai effectué un grand nombre de mesures, j'espère que les écarts ne sont pas très grands. Les trois bandes n'avaient pas toutes la même intensité; la première, I, située dans le jaune, est en même temps la plus étroite, la plus obscure et possède des bords assez nets; la seconde, II, moins obscure, est beaucoup plus large que la précédente et présente des bords moins nets; enfin la troisième, III, située dans le vert, est moins intense. Le minimum d'absorption, qui sépare les bandes I et II, est plus étroit et un peu plus faible (plus obscur) que le minimum séparant les bandes II et III. J'ai comparé ces données avec celles fournies par la phycoérythrine des Floridées (*Ceramium rubrum*) et j'ai acquis la certitude que le pigment rouge du *Nostoc commune* présente les mêmes bandes d'absorption et des intensités relatives comparables à celles de la phycoérythrine.

On peut encore remarquer que le pigment rouge du Nostoc n'est pas une variété de phycocyanine, puisqu'il ne présente pas la bande la plus caractéristique, qui est commune aux trois sortes de phycocyanines et qui est située entre C et D.

---

(¹) Klincksieck et Valette, *Code des couleurs d'après la méthode de Chevreul*, Paris 1908.

PROTISTOLOGIE. — *Flagellés nouveaux, épiphytes des Diatomées pélagiques.* Note (¹) de M. J. **Pavillard**, présentée par M. Guignard.

Les faits d'observation, concernant le parasitisme ou l'épiphytisme dans le Plankton marin, sont encore très rares; la Note actuelle, consacrée à la description de deux formes nouvelles de Flagellés épiphytes des Diatomées marines, fera ressortir en outre, par ses lacunes mêmes, l'importance majeure de l'observation immédiate du matériel vivant, encore intact, de nos récoltes pélagiques.

*Solenicola setigera*, n. g., n. sp. — L'existence d'un « parasite? » externe des cellules de *Dactyliosolen tenuis* a été signalée en 1902 par H.-H. Gran; un dessin du même auteur, publié deux ans plus tard [*Nordisches Plankton*, t. XIX (*Diatomeen*), 1904, p. 25], représente le parasite comme une masse informe, irrégulièrement lobée, occupant la région médiane de chaque cellule.

Les observations récentes, beaucoup plus exactes, de L. Mangin (*Annales de l'Institut océanographique*, t. IV, 1913, p. 9) concernent évidemment le même organisme, dont les colonies, plus ou moins denses, recouvrent presque toujours la surface de la même diatomée pélagique.

J'ai souvent rencontré, dans mes récoltes estivales et automnales du golfe du Lion, des agglomérations analogues sur un *Dactyliosolen* que j'identifie provisoirement (²) avec le *D. Bergonii* H. Péragallo.

Conformément à l'observation de H.-H. Gran, ces agglomérations sont normalement cantonnées dans la partie moyenne, non annelée (zone d'emboîtement) de chaque cellule; cette localisation, remarquablement précise, correspond à la situation du corps protoplasmique et du noyau dans la diatomée; l'extension de l'épiphyte sur la zone annelée d'accroissement est beaucoup plus rare.

Dans la plupart des récoltes, l'organisation interne, et même la forme extérieure des individus recueillis, sont méconnaissables; toutefois la con-

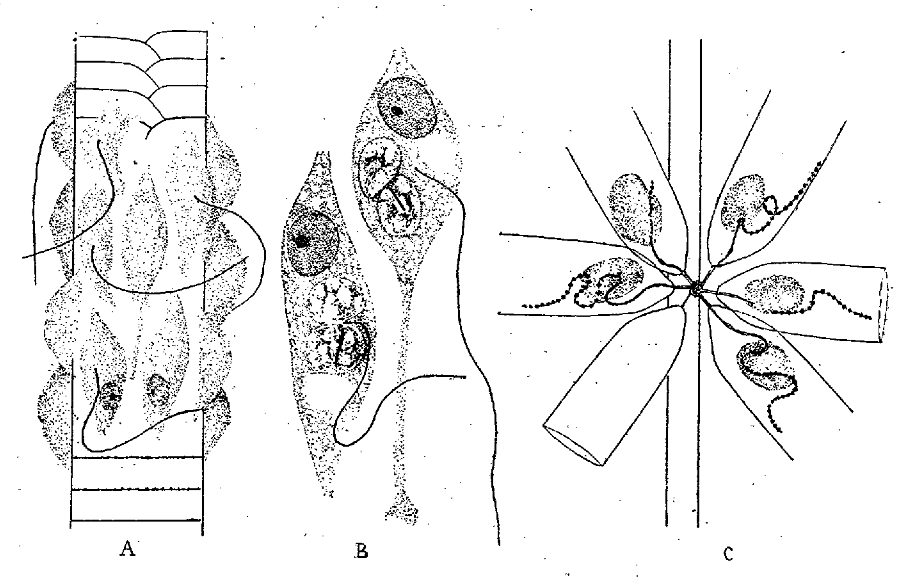
---

(¹) Séance du 10 juillet 1916.

(²) J'espère en effet pouvoir bientôt établir l'identité des diverses espèces décrites sous les noms de *D. mediterraneus* H. Pér., *D. Bergonii* H. Pér., *D. tenuis* Gran, *D. meleagris* G. Karsten, simples formes d'un seul et même type spécifique (*D. mediterraneus*).

servation presque parfaite de certains échantillons (30 novembre 1908), m'a permis d'aborder avec profit l'étude cytologique, entièrement délaissée jusqu'ici.

Chaque agglomération comprend un certain nombre d'individus juxtaposés, mais distincts. La masse protoplasmique individuelle, dépourvue de membrane différenciée, adhère à son hôte par une base étalée, mesurant environ $15^{\mu}$ à $20^{\mu}$ de long sur $5^{\mu}$ à $6^{\mu}$ de large; elle se termine aux deux bouts par une courte expansion pseudopodiale, ou se prolonge en




A, B, *Solenicola setigera;* A, colonie sur un fragment de *Dactyliosolen Bergonii;* B, deux individus isolés; C, *Bicœca mediterranea*, groupe de six individus (une thèque vide) sur un fragment de *Nitzschia seriata*. (Gr. : A, 1000; B et C, 2000 environ.)

un mince ruban protoplasmique, aussi long ou plus long que le corps, et souvent dilaté en spatule à son extrémité.

Le noyau volumineux, toujours unique, est généralement situé vers l'une des extrémités du corps; il comprend une masse nucléaire homogène et un petit nucléole ou karyosome arrondi.

Dans le protoplasme alvéolaire, on voit un petit nombre (2 à 4) de volumineuses vacuoles, atteignant ou dépassant la grosseur du noyau; les unes sont vides et transparentes. Les autres, entièrement occupées et comme distendues par des masses amorphes accompagnées de baguettes bacilliformes, doivent être considérées, selon toute vraisemblance, comme des vacuoles digestives; dans certains individus, elles émergent en protubé-

rances saillantes au delà du contour général du corps, comme chez divers Rhizopodes et certains Flagellés inférieurs.

Enfin, le caractère le plus remarquable de notre épiphyte consiste dans la présence d'un long flagelle, implanté vers le milieu de la masse protoplasmique, dans le voisinage des vacuoles digestives, et sans relations apparentes avec le noyau. Ce flagelle filiforme, pouvant atteindre deux fois la longueur du corps, apparaît comme un crin ondulé dans le matériel fixé; nous ne possédons malheureusement aucune donnée sur le mode de son activité fonctionnelle.

L'organisation spéciale du *Solenicola* nous explique l'apparence plus ou moins confuse des échantillons altérés ou mal fixés; le dessin de H.-H. Gran, en particulier, représente simplement des colonies engluées et dissimulées par les détritus inertes et par les mucosités qui souillent trop souvent nos récoltes pélagiques.

Quant à sa position systématique, elle est d'autant plus obscure que les observations *in vivo* manquent totalement; la forme ci-dessus décrite ne représente probablement qu'un stade plus ou moins durable dans un cycle évolutif entièrement inconnu. Les affinités les plus vraisemblables paraissent être du côté de Zooflagellés inférieurs, non loin des *Oikomonas*, organismes normalement libres, il est vrai, mais monoflagellés et fortement amiboïdes.

*Bicœca mediterranea* n. sp. — Cet élégant Flagellé constitue un des éléments prépondérants de ma récolte du 26 juin 1909.

Très abondant sur les chaînes de *Skeletonema costatum*, il se rencontre également sur *Nitzschia seriata*, *Cerataulina Bergonii*, *Chætoceros anastomosans*, etc.

Chaque individu est logé dans une thèque ou coque digitiforme, beaucoup plus grande que le corps et mesurant environ 12$^{\mu}$ de long sur 5$^{\mu}$ de large. Parfaitement transparente et invisible dans l'eau pure, cette coque se colore en bleu azuré par le bleu de méthylène, en rose par le Giemsa, etc. Sa base rétrécie se prolonge en un pédicule fixateur, probablement dépourvu de contractilité et terminé par un petit disque adhésif; le pédicule est généralement très court, mais certaines thèques sont portées à l'extrémité d'un filament flexible atteignant jusqu'à 12$^{\mu}$. Les individus paraissent entièrement indépendants les uns des autres, mais les pédicules peuvent être insérés, en nombre variable, sur un disque adhésif commun; je n'ai pas rencontré de colonies dressées ou rameuses, comparables à celles des *Dinobryon* ou des *Poteriodendron*.

Le corps proprement dit, ovoïde ou réniforme, est attaché au fond de sa coque par un cordon rétractile épais, représentant un flagelle (antérieur?) modifié; dans le matériel fixé, ce flagelle paraît inséré latéralement sur la région du corps orientée vers le fond de la thèque. Un second flagelle, entièrement libre, prend son origine dans la

même région et se développe le long du corps pour émerger ensuite à l'orifice de la thèque; sa véritable longueur n'a pu être déterminée en raison de son état de contraction moniliforme dans la plupart des individus examinés.

La disposition des flagelles du *Bicœca mediterranea* paraît donc assez différente de celle que présentent ses congénères des eaux douces, *B. lacustris* et *B. oculata*, également épiphytes de diatomées planktoniques; l'absence d'observations *in vivo* et l'insuccès relatif de l'investigation cytologique ne me permettent pas de proposer, dès à présent, pour cet organisme, une dénomination générique nouvelle.

PHYSIOLOGIE. — *Procédé de détermination de la chronaxie chez l'homme à l'aide des décharges de condensateurs. Classification des muscles du membre supérieur par la chronaxie suivant leurs origines radiculaires.* Note (¹) de M. G. **Bourguignon**, présentée par M. Dastre.

I. *Mesure de la résistance.* — Après avoir étudié les conditions dans lesquelles on peut mesurer des résistances avec les décharges de condensateurs et un milliampèremètre à cadran très sensible (²), je me suis assuré qu'on peut appliquer ce procédé à la mesure de la résistance d'un circuit comprenant un sujet, dans les conditions de l'électrodiagnostic, en méthode monopolaire. Mais il est nécessaire de n'employer que des électrodes impolarisables et de faire toujours un nombre égal de passages dans les deux sens. L'expérience a donné, dans ces conditions, les résultats suivants :

1° En mettant une résistance connue en dérivation, la somme des divisions dans les deux branches est égale, à 5 pour 100 près environ, au nombre de divisions lues sans dérivation.

2° En doublant le voltage on constate toujours une diminution de résistance.

3° En revenant au voltage primitif, on retrouve la résistance primitive.

4° Lorsque la résistance a diminué, sous l'influence de l'augmentation du voltage, on la ramène à sa valeur primitive par l'addition d'une résistance qui est quelquefois égale, mais le plus souvent inférieure à la différence mesurée. L'introduction d'une résistance additionnelle semble déterminer à la fois une chute d'intensité et une augmentation de la résistance propre du sujet.

5° La résistance mesurée avec la décharge de condensateurs est toujours supérieure à celle qu'on trouve en se servant du courant continu, avec le procédé de Wertheim

---

(¹) Séance du 26 juin 1916.

(²) *Comptes rendus*, t. 162, 1916, p. 956.

Salomonson par exemple. Mais la résistance additionnelle compensatrice est sensiblement la même dans les deux cas.

II. *Essais de détermination de la chronaxie avec le montage en série, la dérivation n'étant mise que pour la mesure de la résistance.* — Les résultats sont irréguliers. Tantôt on obtient des valeurs de l'ordre prévu, tantôt des valeurs dix fois trop grandes environ.

Toutes les fois qu'on obtient des valeurs satisfaisantes, le sujet se comporte, vis-à-vis de la décharge, comme une résistance sans capacité de polarisation. Au contraire, lorsque les résultats sont mauvais, le galvanomètre traîne, revient lentement au zéro, et la déviation est plus petite pour une même quantité, quand le sujet est dans le circuit que lorsqu'il n'y est pas.

III. *Procédé de détermination de la chronaxie chez l'homme avec le montage en dérivation.* — C'est le montage employé en physiologie animale par L. Lapicque. Les résistances additionnelles sont des résistances liquides impolarisables et sans self (Cu et $SO^4Cu$).

Le sujet est mis en série avec une résistance de $2000^{\omega}$ à $5000^{\omega}$, suivant les régions ; sur la paume de la main, il faut aller jusqu'à $10000^{\omega}$, la polarisation y étant plus importante.

L'ensemble du sujet et de la résistance additionnelle est monté en dérivation : la résistance en dérivation est de $10000^{\omega}$.

La résistance réduite varie ainsi de $5000^{\omega}$ à $7000^{\omega}$ environ.

On ajoute dans le circuit, entre la source et la dérivation, une résistance de $4000^{\omega}$. La résistance totale est donc toujours comprise entre $9000^{\omega}$ et $11000^{\omega}$. Elle est mesurée xactement dans chaque cas.

On cherche le seuil en voltage, avec un courant galvanique, en laissant passer le courant aussi peu de temps que possible. Cela donne la rhéobase. Elle est la même avec un courant galvanique qu'avec la décharge de 50 microfarads.

On mesure ensuite la résistance avec le voltage de la rhéobase en chargeant une capacité telle que la déviation du galvanomètre ne dépasse pas 40 à 50 divisions. Le rapport des déviations dans les deux branches donne la résistance de la branche du sujet [1].

Ensuite on double le voltage pour chercher la chronaxie.

On fait une nouvelle mesure de la résistance de la branche du sujet et l'on ajoute dans cette branche une résistance telle que le partage de la décharge soit le même que pour la rhéobase.

Cela fait, le galvanomètre est exclu du circuit, et l'on cherche la capacité qui donne le seuil avec le voltage double de celui qui avait donné le seuil avec le courant continu.

Cette capacité, multipliée par la résistance du circuit et le coefficient 0,37, donne la chronaxie. On peut appliquer, dans les conditions de circuit que je décris, au moins en première approximation, le coefficient de L. Lapicque : $\tau = RC \times 0,37$.

---

(1) G. Bourguignon, *Comptes rendus*, t. 162, 1916, p. 956.

Si l'on cherche le temps utile avec le même montage, on trouve que la capacité du temps utile est toujours 100 fois plus grande que celle de la chronaxie. En prenant comme coefficient 0,037, on obtient des valeurs de temps utile qui sont du même ordre que celles que L. Lapicque a trouvées avec le chronaximètre et qui sont 10 fois plus grandes que celles que l'on trouve pour la chronaxie.

IV. *Chronaxie normale.* — Avec cette méthode, la chronaxie, au point moteur et par le nerf, a des valeurs de $0^s,0001$ à $0^s,0002$ pour le biceps, le deltoïde et le long supinateur; $0^s,0002$ à $0^s,0004$ pour les domaines du médian et du cubital, et $0^s,0004$ et $0^s,0008$ pour les muscles innervés par le radial moins le long supinateur. Elle est la même, pour un muscle donné, au point moteur et par le nerf. Le temps utile a des valeurs 10 fois plus grandes.

*Ainsi la chronaxie classe nettement les muscles suivant leurs origines radiculaires.*

Au membre inférieur, les expériences encore peu nombreuses que j'ai faites montrent déjà la même classification suivant les origines radiculaires.

V. *Chronaxie pathologique.* — Dans la dégénérescence, la chronaxie s'élève et peut atteindre jusqu'à $0^s,01$ et $0^s,03$. A $0^s,01$, le nerf est toujours inexcitable. Dans les atrophies réflexes elle s'élève, mais reste aux environs de $0^s,001$. Dans les syndromes d'irritation, elle devient souvent plus petite que la normale.

*Conclusions.* — 1° Il est possible de déterminer la chronaxie chez l'homme avec les condensateurs, en employant le montage en dérivation, et en se servant de la décharge des condensateurs pour mesurer et corriger la résistance du sujet. La comparaison avec les valeurs données par L. Lapicque avec le chronaximètre chez l'homme pour le temps utile, et avec les condensateurs en physiologie animale, permet d'appliquer, au moins en première approximation, le coefficient 0,37 pour la chronaxie, et 0,037 pour le temps utile, dans les conditions de circuit que je décris.

2° La chronaxie normale est la même pour un muscle donné au point moteur et par le nerf.

3° La chronaxie classe les muscles du membre supérieur suivant leurs origines radiculaires. — Les chronaxies les plus petites appartiennent aux racines C.V et C.VI ($0^s,0001$ à $0^s,0002$); les plus grandes à C.VII ($0^s,0004$ à $0^s,0008$) et les moyennes à C.VIII et D.I ($0^s,0002$ à $0^s,0004$).

4° La chronaxie varie considérablement dans les états pathologiques et permet d'en suivre l'évolution.

PATHOLOGIE ANIMALE. — *Scoliose abdominale chez le* Mugil auratus *Risso et présence d'une myxosporidie parasite de ce poisson.* Note (¹) de M. J. **Delphy**, présentée par M. Ed. Perrier.

Parmi des *Mugil auratus* pêchés le 2 avril 1916 sur la côte de l'île Tatihou, dans la rade de Saint-Vaast-la-Hougue, il s'en est trouvé un qui a immédiatement attiré mon attention par une déformation assez considérable de sa région abdomino-caudale; c'est un cas de scoliose typique, comme il n'en a été signalé jusqu'ici, du moins à ma connaissance, que chez des poissons d'eau douce, surtout la carpe (²) élevée en viviers.

Toute la région postérieure de l'animal, à partir de la fin de l'insertion

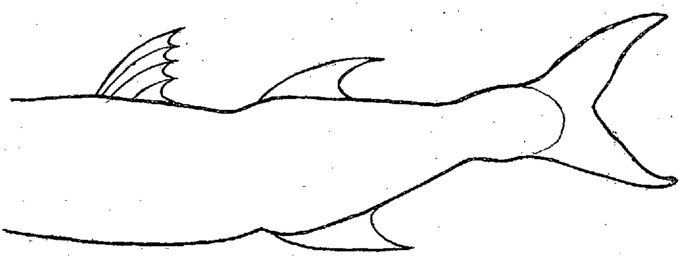


Fig. 1. — *Mugil auratus* Risso, normal, × 1.

de la première dorsale, est tordue de telle sorte que l'axe du corps suit une courbe gauche à courbure d'abord inféro-dextre, puis supéro-senestre, puis à nouveau, dans la région caudale, légèrement inféro-dextre.

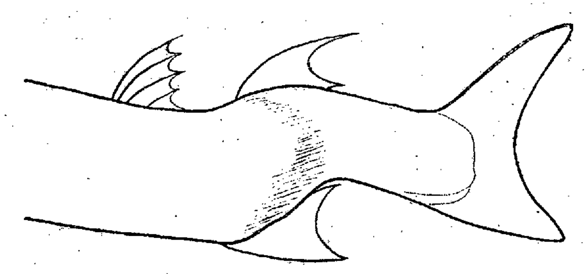


Fig. 2. — *Mugil auratus* Risso, à scoliose abdominale, × 1.

Ce poisson, vu du côté gauche, présente une bosse entre la deuxième dorsale et l'anale, entre deux légères concavités. C'est exactement, mais s'étendant ici jusqu'à la caudale, ce que figure et décrit Hofer (²) chez la carpe et le

(¹) Séance du 3 juillet 1916.

(²) Hofer, *Handbuch der Fischkrankheiten*, Leipzig, 1906.

cyprin, et il est infiniment vraisemblable que l'état de la colonne vertébrale de notre individu est sensiblement la même que celui que décrit cet auteur.

Hofer (*op. cit.*), tout en disant que l'on ne sait rien sur la cause de la maladie dans les cas qu'il signale, admet comme très vraisemblable une infection, probablement bactérienne. L'étude de la région malade m'y a fait découvrir un parasite que l'on doit classer dans le groupe des Myxosporidies créé par Bütschli en 1881 et mieux défini par Balbiani en 1883.

Des ponctions faites dans la région malade m'ont donné en très grande abondance des spores ovoïdes, subpiriformes, larges de $1^{\mu},5$ à $2^{\mu},5$; longues de $2^{\mu},5$ à $3^{\mu},5$, dont un assez grand nombre portent à leur pôle aminci un filament très ténu et faisant environ dix à douze fois la longueur de la spore, quoique le plus grand nombre en soient dépourvues. Chacune d'elles présente, à son pôle postérieur arrondi, une large vacuole aniodophile et le plus grand nombre montre à son pôle antérieur une à quatre granulations excessivement petites, punctiformes, mais très fortement colorées par le picrocarmin.

L'examen de fibres musculaires prélevées dans la même région et étudiées par simple dilacération sur lame m'y a montré des pansporoblastes à divers états de développement, d'une couleur générale variant de l'orangé jaune à l'ocre jaune (n^os^ 176 et 151 du Code des couleurs de Klincksick et Valette), à membrane persistante; certaines formations m'ont paru pouvoir représenter un myxosporidium, mais sans aucune certitude.

Les pansporoblastes sont logés entre les fibrilles qui se contournent et se déforment parfois considérablement autour d'eux et, quand ils arrivent à un certain état de développement, aussitôt que la formation des spores y est complète, souvent même quand elles y présentent encore un contour polygonal, on les trouve toujours entourés de fibrilles en voie de dégénérescence vitro-granuleuse tout à fait nette. L'ensemble des caractères de ces formations me les font rapporter au genre *Pleistophora* Gurley dont le *myxosporidium* est inconnu, il en a été observé un chez les *Glugea* Thél. (*Nosema* Moniez, non Nägeli); il est vraisemblable qu'on le retrouvera chez les *Pleistophora* Gurley et *Thelohania* Henneguy.

Notre *Pleistophora* partage avec une espèce de *Glugea* (*G. destruens* Thélohan) la propriété de produire la dégénérescence des tissus parasités et, notamment, des fibres musculaires.

J'ai de fortes raisons de croire, après les précieux renseignements que je dois à MM. les professeurs F. Mesnil et Georgevitch, que cette espèce est distincte de celles qui ont déjà été décrites dans le même genre et l'on peut adopter pour elle, au moins provisoirement, le nom de *Pleistophora des-*

*truens*, pour rappeler son action si caractéristique sur les fibres musculaires qu'elle habite. On peut facilement la distinguer de l'espèce type de la manière suivante :

| | *Pleistophora typicalis.* | *Pleistophora destruens.* |
|---|---|---|
| Spore à vacuole aniodophile. | X (?) | X ! |
| Profil vertical.............. | Ovoïde. | Ovoïde allongé, subpiriforme. |
| Filament.................. | 20 fois environ aussi long que la spore. | 10 à 12 fois environ, subpiriforme. |
| Corpuscules nucléaires...... | 4 | $\leqq 4$ ; extrêmement petits, très fortement colorés. |
| Myxosporidium............ | o | ? |
| Hôte...................... | *Cottus scorpius* L. | *Mugil auratus* Risso. |
| Situation.................. | Muscles, interfibrillaire. | » |
| Effets pathologiques........ | Dissociation des fibres musculaires sans dégénérescence. | Dissociation avec dégénérescence. |

Maintenant, devons-nous considérer ce parasite comme étant la cause de la scoliose? On n'en peut rien dire de certain; mais je serais assez porté à penser plutôt, comme hypothèse, à l'action primitive d'une infection bactérienne qui aurait préparé un terrain de moindre résistance où la myxosporidie se serait facilement établie. Quoi qu'il en soit, de tels cas sont, la pisciculture d'eau douce l'a montré surabondamment, du plus haut intérêt pratique aussi bien que théorique et l'on ne saurait trop attirer l'attention sur eux.

M. **X. Chevassus** adresse une Note relative à la formation des *nuages de grêle*.

A 15 heures trois quarts l'Académie se forme en Comité secret.

## COMITÉ SECRET.

**Rapport** *de la Commission chargée de proposer, pour l'année* 1916, *la répartition du* Fonds Bonaparte.

(Commissaires : M. le Prince Bonaparte, membre de droit, et MM. Jordan, président de l'Académie, Darboux, Violle, Haller, A. Lacroix, Hamy, de Gramont; Gaston Bonnier, rapporteur.)

La Commission a eu à examiner treize demandes de subventions. Elle vous propose d'accorder :

1° Une somme de 4000$^{fr}$ à M. **Charles Alluaud**, voyageur-naturaliste du Muséum national d'Histoire naturelle, pour continuer la publication que le D$^{r}$ R. Jeannel, actuellement au front, et M. Alluaud ont entreprise sur les résultats scientifiques de trois explorations (de 1903 à 1912) en Afrique orientale, dont l'ensemble exige une somme de plus de 18000$^{fr}$;

2° Une somme de 2000$^{fr}$ à M. **Bondroit**, membre des Sociétés entomologiques de Belgique et de France, pour parcourir la France dans le but de recueillir les matériaux nécessaires à la constitution d'une faune des Fourmis françaises. Il n'existe encore aucun travail d'ensemble sur les Fourmis de France. Cette demande est appuyée par nos confrères MM. *Bouvier* et *Marchal;*

3° Une somme de 2500$^{fr}$ à M. **Pierre Lesage**, professeur à la Faculté des Sciences de Rennes, pour continuer ses expériences sur les végétaux de la zone littorale, et en particulier des recherches sur la Transmissibilité des caractères acquis par les plantes arrosées à l'eau salée. Des expériences, exécutées en 1915, ont ouvert à l'auteur des voies intéressantes qui l'ont conduit à modifier l'ensemble des installations, ce qui nécessite des frais assez considérables. Cette demande est appuyée par notre confrère M. *Gaston Bonnier;*

4° Une somme de 3000$^{fr}$ au **Touring-Club de France** pour contribuer à l'établissement du nouveau Jardin botanique du Lautaret (Hautes-Alpes). Cette installation constituera non seulement un jardin modèle avec collec-

tion de plantes vivantes et *arboretum*, mais comprendra aussi un laboratoire alpin et un musée. En outre, des places d'essais, situées à diverses altitudes, à diverses expositions, sur des terrains de composition naturelle variée, seront annexées à cette installation. On expérimentera sur ces terrains les plantes fourragères pour la restauration des pelouses pastorales ainsi que pour la reconstitution du sol et le reboisement des régions élevées, et aussi pour la conservation de la flore alpestre;

5° Une somme de 3000$^{fr}$ à M. **Camille Sauvageau**, professeur à la Faculté des Sciences de Bordeaux, pour étendre aux espèces de Laminaires de la Méditerranée et de la Manche les remarquables découvertes de l'auteur sur la fécondation et le développement, faites sur l'unique espèce de Laminaire qui croît dans le golfe de Gascogne. Cette demande est appuyée par nos confrères MM. *Gaston Bonnier*, *Guignard* et *Mangin;*

6° Une somme de 2000$^{fr}$ à M. **Em. Vigouroux**, professeur à la Faculté des Sciences de Bordeaux, pour contribuer à l'achat des appareils qui lui sont utiles pour continuer ses intéressantes recherches sur l'état du silicium dissous dans les métaux. Cette demande est appuyée par notre confrère M. *Haller;*

7° Une somme de 2000$^{fr}$ à M. le D$^{r}$ **Raoul Bayeux**, secrétaire de la Société des Observatoires du Mont-Blanc, pour l'aider à continuer ses recherches sur les effets physiologiques et la thérapeutique des injections hypodermiques d'oxygène gazeux. L'auteur se propose d'étudier expérimentalement l'action de l'oxygénation hypodermique sur les réactions défensives de l'organisme contre l'asphyxie et contre les infections. Cette demande est appuyée par notre confrère M. *Roux;*

8° Une somme de 2000$^{fr}$ au père **Joseph Laïs**, astronome chargé de la Carte du Ciel à l'Observatoire du Vatican, en vue de contribuer à la dépense des photogravures relatives à la Carte photographique du Ciel, les cuivres de ces photogravures devant être remis, comme précédemment, à l'Observatoire de Paris, dont ils deviendront la propriété. Cette demande est appuyée par notre confrère M. *Baillaud.*

En résumé, la Commission vous propose l'emploi suivant des sommes mises à la disposition de l'Académie par la générosité de notre confrère le Prince Bonaparte :

| | | |
|---|---|---|
| 1. | M. Charles Alluaud | 4000<sup></sup>fr |
| 2. | M. Bondroit | 2000 |
| 3. | M. Pierre Lesage | 2500 |
| 4. | Touring-Club de France | 3000 |
| 5. | M. Camille Sauvageau | 3000 |
| 6. | M. E. Vigouroux | 2000 |
| 7. | M. le Dr Raoul Bayeux | 2000 |
| 8. | Le P. Joseph Laïs | 2000 |
| | Soit un total de | 20500 |

A la suite de la distribution de 1915, il restait un reliquat de 25500fr.

La Commission avait donc à sa disposition une somme de 75500fr.

Si nos propositions sont acceptées, il restera en réserve une somme de 55000fr.

L'Académie adopte à l'unanimité des suffrages les propositions de la Commission.

M. le Président, se faisant l'interprète de tous ses confrères, adresse de nouveaux et bien vifs remercîments au Prince Bonaparte pour l'appui si efficace qu'il apporte à la Science française.

La séance est levée à 16 heures un quart.

A. Lx.

---

## *ERRATA.*

(Séance du 3 juillet 1916.)

Note de MM. *Dhéré* et *Vegezzi*, Sur l'hémochromogène acide :

Page 19, note (1), première ligne, *au lieu de* acétylhématine, *lire* acétylhémine.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 24 JUILLET 1916.

PRÉSIDENCE DE M. ED. PERRIER.

---

### MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

---

M. le **Président** annonce à l'Académie la perte douloureuse qu'elle vient de faire en la personne de Sir *William Ramsay*, l'illustre chimiste anglais, l'un de ses Associés étrangers.

Le **Prince Bonaparte** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de présenter à l'Académie le premier fascicule du *Recueil du Fonds Bonaparte* qui contient tout d'abord l'historique de cette Fondation, puis la liste des bénéficiaires au nombre de 105 et enfin les Rapports de plusieurs de ceux-ci relatifs à leurs recherches. L'Académie doit se rappeler qu'elle a voté un règlement aux termes duquel aucune nouvelle subvention ne peut être obtenue sans qu'un rapport soit fourni par l'intéressé. Depuis deux ans, la totalité du fonds dont dispose l'Académie n'a pas été distribuée, des réserves ont été faites pour aider les travailleurs d'après-guerre, lorsqu'ils reviendront victorieux et qu'il sera nécessaire de donner un nouvel essor à la Science française. Ce serait une grande satisfaction pour moi si le Fonds Bonaparte pouvait contribuer à augmenter notre patrimoine scientifique.

PHYSIQUE. — *Sur la propagation du son à grande distance.* Note de M. G. BIGOURDAN.

Dans une Note récente ([1]) j'ai signalé la grande distance à laquelle parvient le bruit de la canonnade du front, et montré qu'il s'entend à $250^{km}$.

Les renseignements recueillis depuis permettent d'augmenter notablement cette distance. On entend, en effet, nettement cette canonnade dans des localités voisines des villes suivantes : Londres, Brighton, Caen, Mortain, Bagnoles-de-l'Orne, Blois, Bourges, Nevers, Beaune, Verdun-sur-Doubs, Annecy, Chamonix.

Il nous est généralement impossible de connaître le point origine; mais comme la moindre distance de Mortain ou de Bourges au front est d'environ $300^{km}$, il paraît établi que le bruit considéré franchit cette distance. Encore n'avons-nous pas fait état d'observations obtenues en des points plus éloignés, et dont nous attendons confirmation.

Surtout relativement à ces observations isolées, obtenues si loin du front, la réserve est évidemment de rigueur; mais cependant il est bon de les poursuivre, parce qu'elles peuvent révéler des phénomènes d'un autre ordre, jusqu'ici restés inaperçus, et dont il est facile de montrer l'importance : je veux parler des bruits sismiques, résultat du travail incessant qui se fait à l'intérieur de notre globe, et qui, connus depuis longtemps, se manifestent en certains points sous des formes analogues à une canonnade; tels sont les Mispœffers de la mer du Nord et d'autres bruits sismiques connus ailleurs sous les noms de Bramidos, Barisal-guns, Marina, etc.

On ne saurait donc trop engager les observateurs à écouter systématiquement, même encore plus loin du front, mais en ayant soin de s'assurer qu'ils ne sont pas le jouet de quelque illusion.

PHYSIOLOGIE. — *Du minimum de temps dans la réaction psycho-physiologique aux excitations visuelles et auditives.* Note de M. CHARLES RICHET.

A propos de la Note de MM. Jean Camus et Nepper (voir ci-après, p. 106), je crois devoir rappeler le temps minimum de la réaction aux excitations visuelles et auditives.

([1]) Voir *Comptes rendus*, t. 162, p. 965 (séance du 26 juin 1916).

Depuis les premières observations, déjà très anciennes, de Bessel et des astronomes, les physiologistes (et tout d'abord Donders en 1868) ont étudié la question avec un soin extrême. En Amérique notamment, de très nombreux expérimentateurs, dans des laboratoires presque spécialement agencés à cet effet, ont définitivement établi le chiffre moyen. Résumant leurs résultats (expériences de Donders, Beaunis, Wundt, Hankel, Hirsch, Wittich, Kries, Auerbach, Wilner, Buccola, Exner, Swift, Dolley et Cattell, Sanford, Angell et Moore, Obersteiner, Meade Beach, Warren, Kræpelin, etc.), j'ai pu (*Dictionnaire de Physiologie*, art. Cerveau, t. III, p. 29) donner la moyenne générale exprimée en millièmes de seconde (6) :

| | |
|---|---|
| Excitations optiques............ | 195 |
| » auditives.................. | 150 |
| » tactiles................. | 145 |

Depuis, d'autres expériences ont été faites, principalement par Ivory Franz (*American Journal of Psychology*, XVII, 1906, p. 53), par Laugier et moi (*Bulletin de la Société de Biologie*, 1913), et par MM. Camus et Nepper, expériences qui nous ont permis à tous de retrouver constamment les mêmes chiffres, à quelques millièmes de seconde près.

C'est donc avec surprise que j'ai vu, dans une Note récente de M. Lahy (¹), qu'il avait trouvé sur 20 sujets des chiffres inférieurs à la normale (17 fois sur 20) et dans certains cas extrêmement inférieurs.

Dans un cas il a eu comme réponse à l'excitation auditive (en millièmes de seconde) 89,3 et dans un autre cas 101,6 à l'excitation optique. Il est peu vraisemblable qu'il n'y ait pas là quelque erreur de technique. Car, sur près de cent mille chiffres donnés par les divers auteurs, le minimum est un cas de Swift qui a trouvé, pour la réaction auditive, 102 (M. Lahy a trouvé sur 20 sujets 8 chiffres inférieurs).

Il y a cependant des chiffres authentiques très faibles, qui ont été observés par Meade Beach. Dans un curieux Mémoire, cet auteur établit [*Reaction time with reference to race* (*Psychol. Review*, VI, 1895, p. 475-483)] que, chez les Indiens plus ou moins métissés, les réactions sont très rapides, et il a obtenu les chiffres suivants (d'ailleurs notablement plus faibles que les chiffres classiques) :

| | Blancs. | Indiens. | Nègres. |
|---|---|---|---|
| Excitations auditives............... | 146,9 | 116,3 | 130,0 |
| Excitations visuelles................ | 164,75 | 135,7 | 152,9 |

(¹) *Sur la psycho-physiologie du soldat mitrailleur* (*Comptes rendus*, t. 163, 1916, p. 33-34).

Il signale, comme tout à fait exceptionnel et véritablement extraordinaire, le cas d'un jeune Indien de 14 ans, pur sang, qui avait une réaction auditive de 70 et visuelle de 119; c'est-à-dire encore supérieure à la réaction de quatre des sujets observés par M. Lahy.

Chacun des chiffres de M. Meade Beach représente une moyenne de 10 mensurations; et dans le cas du jeune Indien, ainsi qu'il le fait avec raison observer, il y a corrélation entre la réaction à l'audition et la réaction optique, toujours plus lente, distante de 4 millièmes de seconde, comme à l'état normal.

Or, tel n'est pas le cas des chiffres donnés par M. Lahy. Il est donc permis de supposer qu'une cause d'erreur systématique (avec quels appareils a-t-il opéré?) lui a donné des chiffres trop faibles.

J'ai supposé, en effet, que, si la réponse à l'excitation optique retarde de 4 à 3 millièmes de seconde sur la réponse à l'excitation auditive, c'est parce que toute excitation de la rétine est de nature chimique, et par conséquent qu'elle exige, pour se transmettre au nerf optique, un temps qu'on peut alors apprécier, et qui est de 4 à 3 millièmes de seconde (phénomène photochimique rétinien). Il est peu probable qu'il y ait, chez quelque individu que ce soit, une réduction de ce temps à un millième de seconde.

## CORRESPONDANCE.

M. **Ramon y Cajal**, élu Correspondant pour la Section d'Anatomie et Zoologie, adresse des remercîments à l'Académie.

M. **Gonnessiat**, élu Correspondant pour la Section d'Astronomie, adresse des remercîments à l'Académie.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

*Les origines naturelles de la guerre. Influences cosmiques et théorie anticinétique. La paix par la Science*, par M. Raphael Dubois. (Présenté par M. Ch. Richet.)

MM. **Sauvageau** et **Vigouroux** adressent des remercîments pour les subventions qui leur ont été accordées sur le *Fonds Bonaparte*.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Relations d'inégalité entre les moyennes arithmétiques et géométriques.* Note de M. **Michel Petrovitch**, présentée par M. Émile Picard.

Soit $f(x)$ une fonction développable, au voisinage de $x=0$, en série de puissances

$$a_0+a_1x+a_2x^2+\ldots, \tag{1}$$

chaque coefficient $a_i$ étant réel et positif ou nul, les deux premiers coefficients $a_0$ et $a_1$ pouvant, d'ailleurs, avoir des valeurs réelles quelconques.

Soient $x_1, x_2, \ldots, x_n$ des quantités réelles et positives, dont la somme est plus petite que le rayon de convergence de la série (1).

Désignons par

$$\mu=\frac{x_1+\ldots+x_n}{n} \quad \text{et} \quad M=\frac{f(x_1)+\ldots+f(x_n)}{n} \tag{2}$$

la moyenne arithmétique $\mu$ des quantités $x_i$ et la moyenne arithmétique M des valeurs correspondantes de la fonction $f(x)$.

Dans un Mémoire qui paraîtra prochainement ([1]) je démontre la formule

$$M=\Phi_1(\mu)+\theta\,\Phi_2(\mu) \tag{3}$$

avec

$$\Phi_1(\mu)=f(\mu), \qquad \Phi_2(\mu)=\frac{f(n\mu)+(n-1)f(0)}{n}-f(\mu),$$

où $\theta$ est un facteur dont la valeur est toujours comprise entre 0 et 1.

On a également

$$M=\xi f\left(\frac{\mu}{\xi}\right)+(1-\xi)f(0), \tag{4}$$

où $\xi$ est un facteur compris entre $\frac{1}{n}$ et 1. Ces limites sont effectivement atteintes pour une fonction $f(x)$ arbitraire : la limite 0 de $\theta$ et 1 de $\xi$ lorsque tous les $x_i$ deviennent égaux entre eux ; la limite 1 de $\theta$ et $\frac{1}{n}$ de $\xi$ lorsque tous les $x_i$, sauf un parmi eux, tendent vers zéro.

---

([1]) *Théorème sur la moyenne arithmétique de quantités positives* (*Enseignement mathématique*, nos 3-4, mai-juillet 1916, p. 163-176

*On peut en tirer des relations d'inégalité entre les moyennes arithmétique et géométrique de quantités plus grandes que* 1. Soient $z_1, \ldots, z_n$ une suite de telles quantités; prenons

$$x_i = \log z_i, \qquad f(x) = e^x,$$

et posons

$$\mu_1 = \frac{z_1 + \ldots + z_n}{n}, \qquad \mathrm{P} = \sqrt[n]{z_1 z_2 \ldots z_n}, \qquad \mathrm{M}_1 = \frac{\log z_1 + \ldots + \log z_n}{n}.$$

En faisant jouer à $\mathrm{M}_1$ le rôle de $\mu$ et à $\mu_1$ le rôle de M, on arrive aux formules

$$\mu_1 = \mathrm{P} + \theta\left(\frac{\mathrm{P}^n - 1}{n} - \mathrm{P} + 1\right) \qquad (0 \leqq \theta \leqq 1), \tag{5}$$

$$\mu_1 = \xi \mathrm{P}^{\frac{1}{\xi}} + (1 - \xi) \qquad \left(\frac{1}{n} \leqq \xi \leqq 1\right). \tag{6}$$

De (6) on tire

$$\mathrm{P} = \left(1 + \frac{\mu_1 - 1}{\xi}\right)^{\xi}, \tag{7}$$

et comme le second membre de (7) est une fonction croissante de $\xi$ dans l'intervalle de variations de cette variable, on aura

$$(n\mu_1 - n + 1)^{\frac{1}{n}} \leqq \mathrm{P} \leqq \mu_1 \tag{8}$$

et, par suite,

$$\mathrm{P} = \chi_1 + \theta\chi_2 \qquad (0 \leqq \theta \leqq 1) \tag{9}$$

avec

$$\chi_1 = (n\mu_1 - n + 1)^{\frac{1}{n}}, \qquad \chi_2 = \mu_1 - (n\mu_1 - n + 1)^{\frac{1}{n}}. \tag{10}$$

Les facteurs $\theta$ et $\xi$ atteignent effectivement les limites indiquées lorsque tous les $z_i$ sont égaux entre eux ($\theta = 1$, $\xi = 1$), ou bien lorsque tous les $z_i$, sauf un parmi eux, deviennent égaux à 1 $\left(\theta = 0, \xi = \frac{1}{n}\right)$.

Parmi les applications de toutes sortes qu'on peut faire de ces formules, nous en indiquerons sommairement quelques-unes relatives aux équations différentielles.

Supposons l'équation considérée écrite sous la forme

$$f\left(x, y, \frac{dy}{dx}, \frac{d^2y}{dx^2}, \ldots\right) + \varphi(x, y) = \mathrm{F}(x), \tag{11}$$

et désignons par D la région du plan $(x, y)$ commune aux régions positives des deux courbes

$$(12) \qquad \varphi(x, y) - 1 = 0, \qquad F(x) - \varphi(x, y) - 1 = 0.$$

En prenant

$$z_1 = f\left(x, y, \frac{dy}{dx}, \frac{d^2y}{dx^2}, \dots\right), \qquad z_2 = \varphi(x, y),$$

dans la région D on aura $z_1 > 1$, $z_2 > 1$ et l'application de la formule (9) transforme l'équation (11) en

$$(13) \qquad \varphi f = [\chi_1 + \theta\chi_2]^2 \quad (0 \leqq \theta \leqq 1),$$

où

$$\chi_1 = \sqrt{F(x) - 1}, \qquad \chi_2 = \frac{F(x)}{2} - \sqrt{F(x) - 1}.$$

La valeur du second membre de (13) est comprise entre

$$\chi_1^2 = F(x) - 1 \qquad \text{et} \qquad (\chi_1 + \chi_2)^2 = \frac{F(x)^2}{4},$$

et, par suite, l'équation (11) se trouve transformée en équation

$$(14) \quad \varphi(x, y) f\left(x, y, \frac{dy}{dx}, \frac{d^2y}{dx^2}, \dots\right) = [F(x) - 1] + \theta\left[\frac{F(x)^2}{4} - F(x) + 1\right]$$

avec $0 \leqq \theta \leqq 1$. Il arrive, dans des cas étendus, que l'équation (14) puisse s'intégrer par des quadratures portant sur son second membre; l'application du théorème commun de la moyenne conduira alors à exprimer $y$ sous la forme

$$(15) \qquad y = \psi_1(x) + \theta\psi_2(x),$$

où $\theta$ est un facteur compris entre 0 et 1, $\psi_1$ et $\psi_2$ étant des fonctions déterminées de $x$. *Toute branche $y$ de la courbe intégrale de* (11), *comprise dans la région* D, *sera alors représentée par une équation de la forme* (15) *fournissant ainsi une sorte de théorème de la moyenne relatif aux intégrales $y$ de l'espèce considérée.*

Tel est, par exemple, le cas :

1° De l'équation de Riccati

$$\frac{dy}{dx} + p(x)y^2 = q(x);$$

2° De l'équation

$$q(y)\frac{dy}{dx}+p(x)\varphi(x,y)^2+r(x)\varphi(x,y)=$$

écrite sous la forme

$$\frac{q(y)}{\varphi(x,y)}\frac{dy}{dx}+p(x)\varphi(x,y)=-r(x);$$

3° De l'équation

$$\left(\frac{d^n y}{dx^n}\right)^m+p(x)\varphi(x,y)^2+r(x)\varphi(x,y)=0, \quad \ldots$$

Les formules (3) et (4) se prêtent également à de pareilles applications et dans le Mémoire cité j'ai traité sous ce rapport l'équation importante

$$\left(\frac{dy}{dx}\right)^2+y^2=f(x)$$

dont on peut faire, par ce procédé, une étude qualitative complète des intégrales réelles.

ÉLASTICITÉ. — *Sens des déplacements des points d'une plaque rectangulaire.* Note [1] de M. **Mesnager**, transmise par M. A. Blondel.

I. *Une charge appliquée en un point quelconque d'une plaque rectangulaire posée provoque l'abaissement de tous les points de la plaque.*

J'emploie ici, comme je l'ai fait antérieurement pour les plaques uniformément chargées [2], le mot *posée* dans le sens que lui ont attribué Navier [3], de Saint-Venant [4], Maurice Levy [5], c'est-à-dire articulée le long du contour et assujettie à passer par tout le contour, $w=0$ ($w$ déplacement vertical), tandis qu'au *sens rigoureux* du mot *posée*, la plaque serait libre de se soulever.

---

(1) Séance du 17 juillet 1916.

(2) *Comptes rendus*, t. 162, 1916, p. 826. — Une erreur de copie a fait mettre dans cette Note $\int_0^i A_z \frac{\sin(z+x)}{2\sin x}dx$ au lieu de $\int_1^i A_z x \frac{\sin(z+1)x}{2\sin x}dz$.

(3) *Mémoire de* 1820, Bibliothèque de l'École des Ponts et Chaussées.

(4) Notes de la traduction de l'*Élasticité* de Clebsch, p. 740 et suiv. Dunod, 1883.

(5) *Comptes rendus*, t. 109, 1889, p. 535.

L'équation de la plaque mince portant une charge unique donnée par Navier peut s'écrire

$$w = -\frac{4P(1-\eta^2)}{\pi^4 abEI}\sum_m\sum_n \frac{\sin m\pi\frac{x'}{a}\sin n\pi\frac{y'}{b}\sin m\pi\frac{x}{a}\sin n\pi\frac{y}{b}}{\left(\frac{m^2}{a^2}+\frac{n^2}{b^2}\right)^2},$$

$m$ et $n$ étant des nombres entiers et le poids P étant dirigé dans le sens négatif des $z$. Cette formule n'étant pas, dans la plupart des Traités, établie avec une rigueur suffisante, il est bon de remarquer qu'elle se déduit par différentiation de la formule de la plaque rectangulaire chargée uniformément dans un rectangle en remplaçant $x''$ par $x'+dx'$ dans l'expression

$$\left(\cos\frac{m\pi x'}{a}-\cos\frac{m\pi x''}{a}\right)\left(\cos\frac{m\pi y'}{b}-\cos\frac{m\pi y''}{b}\right) \quad (^1).$$

La différentielle de la série s'obtient légitimement par la différentiation des termes, puisque la série d'où l'on part et celles des différentielles sont l'une et l'autre absolument convergentes.

On peut d'ailleurs vérifier qu'elle satisfait à l'équation fondamentale de la théorie des plaques. Cette équation est ici

$$p = -\frac{EI}{1-\eta^2}\Delta\Delta w = \frac{4P}{ab}\sum_m\sum_n \sin m\pi\frac{x'}{a}\sin n\pi\frac{y'}{b}\sin m\pi\frac{x}{a}\sin n\pi\frac{y}{b}$$

ou

$$p = \frac{P}{ab}\sum_m\sum_n\left(\cos m\pi\frac{x-x'}{a}-\cos m\pi\frac{x+x'}{a}\right)\left(\cos n\pi\frac{y-y'}{a}-\cos n\pi\frac{y+y'}{b}\right).$$

Ce sont des séries divergentes, on ne peut donc rien conclure immédiatement. Mais la fonction $w$, d'après la nature même du problème, a des dérivées au moins jusqu'au quatrième ordre et ces dérivées sont sommables; or on sait que dans ce cas, sauf pour $x=0$, la série obtenue en dérivant la série de Fourier est sommable par le procédé de la moyenne arithmétique et représente la dérivée de la fonction (²). Si l'on applique ici le procédé de la moyenne arithmétique, on trouvera partout zéro, sauf au point $x=x'$, $y=y'$. La charge par unité de surface est donc partout nulle, sauf au point $x'$, $y'$. La formule fondamentale est donc satisfaite.

La formule de Navier étant exacte, si l'on y fait $x=x'$, $y=y'$, on a une

(¹) Notes de la traduction de l'*Élasticité* de Clebsch, p. 748 (formule $d_5$).

(²) *Séries trigonométriques*, par M. Lebesgue, p. 104, Gauthier-Villars, 1906.

série à termes carrés parfaits, donc tous de même signe. Par conséquent $w$ est négatif sous le point chargé; le déplacement est toujours dans le sens de la force, comme on devait le prévoir.

Les dérivées secondes $\frac{\partial^2 w}{\partial x^2}$ et $\frac{\partial^2 w}{\partial y^2}$ sont positives (termes carrés parfaits). Donc $\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} = \Delta w > 0$ au point chargé et par raison de continuité aux abords de ce point. La fonction $z = \Delta w$ satisfait donc aux conditions suivantes dans un domaine limité à la plaque et à un petit contour entourant le point chargé.

1° $\Delta z = 0$, autrement dit $z$ est harmonique; puisque $\Delta\Delta w = 0$. Donc $z$ n'a ni maximum ni minimum dans ce domaine.

2° $z$ est positive sur un petit contour entourant le point chargé.

3° $z$ est nulle sur le contour de la plaque, puisque la plaque est posée. Donc $z$ est partout positive dans le domaine considéré.

Puisqu'on a $\Delta w > 0$ dans le domaine considéré, $w$ ne peut avoir de maximum. Or la fonction $w$ est nulle au contour extérieur de la plaque, négative sur le petit contour entourant P, donc $w$ est négative partout dans la plaque.

Par superposition de solutions, on voit que, *quelle que soit la loi de répartition des charges, pourvu qu'elles soient toutes de même signe, tous les points de la plaque rectangulaire posée descendent.*

Ces déductions montrent que, contrairement à ce qui semblait probable d'après des analogies avec les poutres à plusieurs appuis, la plaque rectangulaire posée, au sens ordinaire, supportant une charge unique, ne se soulève en aucun point quelles que soient les longueurs relatives des côtés.

II. *Sous l'action d'une charge, une plaque posée* AU SENS RIGOUREUX, *c'est-à-dire libre de se soulever au-dessus du contour, se soulève toujours aux abords des angles.*

En effet, dans la plaque assujettie à passer par le contour, on a, à l'angle pris pour origine, $\frac{\partial w}{\partial x} = 0$, et, en un point voisin, $\frac{\partial w}{\partial y} < 0$; donc, à l'origine et dans les points voisins, $\frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} < 0$. Or, l'angle de toute plaque rectangulaire assujettie à passer par un contour plan est sollicité par une force isolée (somme des forces verticales provenant des couples de torsion $\frac{EI}{1+\eta} \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y}$

existant sur chacun des côtés de l'angle)

$$R = \frac{2EI}{1+\eta}\frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y}.$$

Celle-ci est dirigée dans le sens des charges, d'après le signe de $\frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y}$. L'action du contour étant remplacée par les quatre forces R et des réactions finies par unité de longueur du contour, je puis annuler R en faisant agir sur la plaque en équilibre des forces $-$ R et des réactions de somme totale égale à 4R, réparties sur la partie du contour qui continue à être appliquée sur la base d'appui, finies par unité de longueur quand elles sont dirigées vers le bas. Quelles que soient ces réactions, leur moment, par rapport à une perpendiculaire à la bissectrice de l'angle, infiniment voisine du sommet, donnant une concavité vers le bas, est infiniment petit par rapport au moment de $-$ R. Ce dernier est par unité de longueur $-\frac{R}{2}$. Donc le moment fléchissant suivant la perpendiculaire à la bissectrice tend à donner une courbure dont le centre est vers le haut.

Par raison de symétrie, cette courbure est une courbure principale. Le second moment principal s'obtient en cherchant le moment par rapport à la bissectrice de l'angle des forces qui agissent sur un triangle infiniment petit limité à cette bissectrice, à une perpendiculaire à celle-ci et à un côté de la plaque. Ce moment est nul. On voit facilement, dans ces conditions, que la courbure des côtés a son centre vers le haut au sommet et aux abords. Donc, sur une longueur finie à partir des angles de la plaque, ses côtés ne peuvent coïncider avec les appuis et, puisque la plaque est posée par-dessus ceux-ci, ses côtés sont soulevés.

ÉLECTRO-OPTIQUE. — *Sur la bande d'absorption* K *des éléments pour les rayons* X, *suivie du brome au bismuth, et l'émission d'un tube Coolidge vers les très courtes longueurs d'onde.* Note de M. **M. de Broglie**, présentée par M. E. Bouty.

Plusieurs années avant la découverte de Laue, les travaux de Barkla, Sadler, Whiddington et Kaye avaient conduit au résultat suivant : on étudie le coefficient d'absorption, par un corps simple déterminé, d'une série de rayons X pris sous la forme de rayons de fluorescence d'une suite de corps simples rangés par ordre de poids atomiques croissants. Quand on passe par les rayons correspondant à la fluorescence de l'élément

absorbant, le coefficient d'absorption subit une brusque et forte augmentation, demeure ensuite très élevé, puis décroît de nouveau (1).

J'ai montré (2) que dans l'enregistrement photographique continu des spectres de rayons X, le phénomène en question se traduit par une bande d'absorption, à début brusque du côté des grandes longueurs d'onde (3).

Les mesures suivantes montrent qu'on peut suivre la bande d'absorption d'un élément, *c'est-à-dire indirectement la raie la plus courte du groupe* K *de son spectre* d'émission, au moins jusqu'au bismuth :

$\alpha$ = angle de réflexions sur le sel gemme, longueur d'onde = $5,63 \times 10^{-8} \sin \alpha$ cm.

| | $\alpha$. | | $\alpha$. |
|---|---|---|---|
| | ° ′ | | ° ′ |
| Brome | 9.20,5 | Cæsium | 3.26,5 |
| Rubidium | 8.16 | Baryum | 3.18,5 |
| Strontium | 7.48 | Lanthane | 3.09,5 |
| Zirconium | 6.57 | Cérium | 3.02 |
| Niobium | 6.35 | | |
| Molybdène | 6.14 | Platine | 1.31,5 |
| Palladium | 5.07,5 | Or | 1.29,5 |
| Argent | 4.53 | Mercure | 1.27,5 |
| Cadmium | 4.40 | Thallium | 1.25 |
| Étain | 4.16 | Plomb | 1.22,5 |
| Antimoine | 4.03,5 | Bismuth | 1.20 |
| Iode (4) | 3.44 | Thorium | vers 1° |
| Tellure (4) | 3.54 | | |

L'angle de 1°20′ du bismuth correspond à une longueur d'onde de $1,3 \cdot 10^{-9}$ cm; mais le thorium se place encore plus loin. A partir du platine, le poids atomique de l'écran surpasse celui de l'anticathode, qui était en tungstène.

Jusqu'à présent tout paraît indiquer que les positions des bandes sont indépendantes de l'état physique ou chimique des éléments qu'elles caractérisent; elles fournissent ainsi un repère spectral extrêmement simple, se déplaçant d'une façon régulière et progressive quand on parcourt la

(1) M. W.-H. Bragg a fait plus récemment des mesures précises sur les coefficients d'absorption des rayons du palladium, de l'argent, du rhodium et du platine.

(2) *Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 1493.

(3) Ce même fait se traduit (*Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 1493), en l'absence de tout écran absorbant, par la présence, dans tous les spectres, de deux bandes intenses, qui correspondent à l'absorption par le brome et l'argent de l'émulsion, absorption qui s'accompagne du noircissement de la plaque.

(4) L'ordre de ces deux corps doit donc être inversé, ainsi que je l'ai déjà signalé à propos des spectres de rayons secondaires (*Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 1785).

série des éléments. On peut donc fonder sur leur observation une méthode d'analyse spectrale rapide et commode : rapide, puisqu'on agit en rayons directs; commode, puisque quelques décigrammes de matière, placés sous forme d'écran, en dehors du tube, sur le trajet des rayons, suffisent à déterminer un spectre d'absorption tout à fait net.

Les chiffres précédents, portés sur un graphique en prenant pour ordonnée la racine carrée de la fréquence, et pour abscisse le rang dans la série périodique, fournissent, du brome au cérium, une droite conforme à ce qu'on sait, depuis Moseley, sur la loi de variation des phénomènes homologues dans les spectres de rayons X.

J'ai signalé ([1]) que le groupe K du tungstène comprend un doublet $2°06' - 2°04'$ (la dernière composante étant la plus intense) et un autre vers $1°50'$. Aussitôt après, dans le sens des courtes longueurs d'onde, débute une bande d'émission assez intense qui se prolonge jusqu'aux rayons les plus pénétrants émis par le tube; ceci donne à penser qu'un élément, pris comme anticathode, émet un spectre continu dans la région spectrale qui correspond à sa bande d'absorption.

Ce fait, joint aux résultats exposés plus haut, met hors de doute la présence dans le rayonnement d'une ampoule, de rayons notablement plus pénétrants que les rayons K de son anticathode.

Le tube était alimenté par un transformateur et un contact tournant redresseur; la différence de potentiel efficace, évaluée par la tension aux bornes du primaire du transformateur et le rapport de transformation (c'est-à-dire assez grossièrement) étant de 80000 à 90000 volts.

On sait qu'un grand intérêt s'attache à la mesure de la longueur d'onde minimum, émise par un tube sous une tension donnée; la loi de Planck permet en effet de prévoir qu'entre la fréquence $\nu$, la tension V, la charge élémentaire $e$ et la constante universelle $h$ du rayonnement doit exister la relation

$$eV = h\nu.$$

Sir Ernest Rutherford, MM. W. Duane et F. Hunt ont, en 1915 ([2]), imaginé des méthodes d'investigation dans cette direction et ont obtenu des résultats un peu divergents; l'emploi, indiqué plus haut, des bandes d'absorption ([3]) permet d'attaquer le problème par une nouvelle voie.

---

([1]) *Comptes rendus*, t. 162, 1916, p. 596.

([2]) Et plus récemment M. Hull.

([3]) Cette méthode a été exposée dans le *Bulletin de la Société française de Physique*, séance du 2 juin 1916.

En comparant les longueurs d'onde obtenues et la tension maxima sur l'ampoule, on peut voir que la loi de Planck est encore satisfaite jusqu'aux environs du thorium; mais, si le fond continu qui se prolonge au delà de la bande d'absorption de cet élément contient des radiations aussi pénétrantes que leur angle de réflexion paraît l'indiquer, la relation de Planck serait en défaut, car il faudrait admettre des tensions supérieures à 300000 volts.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur le fonctionnement des galènes employées comme détecteurs.* Note de M<sup>lle</sup> **Paule Collet**, présentée par M. J. Violle.

Le présent travail est relatif à l'étude des propriétés des galènes, tant naturelles que sensibilisées artificiellement, et à leur fonctionnement comme détecteur. Elles ont été étudiées soit avec pointe de platine, soit avec pointe de laiton. Les résultats sont les mêmes quelle que soit la nature du métal, et la pression de la pointe sur le cristal n'a pas d'effet sensible.

L'étude faite a porté sur deux ordres de phénomènes :

I. *Induction sur un circuit comprenant le détecteur et un galvanomètre à cadre mobile.* — Les phénomènes induits sont provoqués par la rupture du courant dans un premier circuit accouplé avec l'induit au moyen de deux enroulements placés à des distances variables l'un de l'autre. En l'absence du détecteur le galvanomètre accuse des déviations qui sont symétriques lorsqu'on change le sens du courant inducteur, et qui décroissent lorsque la distance des enroulements croît. L'énergie maximum du phénomène induit mesurée au thermogalvanomètre Duddell a été de 0,9 microjoule.

Si l'on intercale une galène non sensible le phénomène reste le même. Au contraire, si le cristal est *sensible* les déviations cessent d'être symétriques : au courant induit se superpose, dans le galvanomètre, un courant dû à une force électromotrice créée dans le détecteur par le phénomène d'induction, et dont *la pointe métallique est le pôle positif quel que soit le sens du phénomène d'induction*. Aussi ce deuxième courant s'ajoute-t-il dans un cas au courant induit, tandis qu'il s'en retranche dans l'autre, si bien que le courant induit peut l'emporter si le point est peu sensible; les deux courants peuvent encore s'équilibrer, et la galène fonctionne alors comme une soupape; ou enfin, si le point est très sensible, le deuxième

courant peut l'emporter et les déviations au galvanomètre sont de sens constant quel que soit le sens du courant inducteur.

II. *Étude du courant traversant un galvanomètre monté aux bornes d'un détecteur, lorsque ce détecteur reçoit un train d'ondes amorties.* — Le montage utilisé est le dispositif classique pour les études de T. S. F. au laboratoire ([1]). Une rupture du primaire d'une bobine d'induction, *produite toujours dans les mêmes conditions*, provoque *une étincelle* à l'éclateur intercalé dans le secondaire de la bobine. Un des enroulements précédemment utilisé remplace l'antenne d'émission. Le circuit de réception branché, comme celui d'émission aux bornes d'une capacité variable, comprend le deuxième enroulement remplaçant l'antenne de réception, une self, et le détecteur, aux bornes duquel est dérivé le galvanomètre.

Au préalable les circuits ont été accordés : on en a mesuré la longueur d'onde, trouvée voisine de $500^m$; on a aussi mesuré l'énergie des ondes dans le circuit de réception, énergie qui varie de 1 à 200 microjoules, en l'absence du détecteur.

On a vérifié ensuite que si le détecteur est remplacé par une résistance ou un mauvais contact métallique, le galvanomètre n'accuse aucune déviation.

Le galvanomètre étant branché sur le détecteur, quelle que soit la galène étudiée, sensible ou non, on obtient une déviation à partir d'une énergie de 10 *microjoules* environ.

Pour *l'ensemble des galènes étudiées, le cristal est le pôle positif par rapport au galvanomètre.*

La déviation ainsi obtenue varie comme l'énergie des ondes.

Aux énergies plus faibles on n'obtient presque plus aucun effet avec des galènes non sensibles, mais, si la pointe du détecteur touche un point *sensible*, les déviations changent de sens et restent très fortes; elles sont d'ailleurs *irrégulières et d'autant plus grandes que le point est plus sensible. La pointe est alors le pôle positif comme cela se produisait dans les phénomènes d'induction.*

Il semble que l'onde, comme le courant induit, serve seulement à déclencher une force électromotrice instantanée.

En outre, si en un point très sensible on procède par énergies crois-

---

([1]) Voir en particulier Étienne, *Sur le fonctionnement du détecteur électrolytique* (*Comptes rendus*, t. 162, 1916, p. 717).

santes, il se produit, au moment où le sens des déviations se renverse, ou peu après, une perte de sensibilité.

En même temps, la résistance du contact décroît et les déviations aux faibles énergies deviennent plus petites. On peut faire parcourir ainsi aux points sensibles des cycles de désensibilisation, la branche de courbe correspondant aux grandes énergies demeurant la même à l'aller et au retour.

On sait qu'inversement on peut sensibiliser un point du cristal en le touchant longuement avec l'antenne d'un vibrateur d'essai, ou en y lançant des ondes de faible énergie.

On constate donc les résultats suivants : La *sensibilité* d'un point *peut être détruite par la rupture d'équilibre que provoque une onde trop forte* et, par contre, *des ondes faibles et prolongées peuvent orienter les particules cristallines de façon que le point redevienne sensible.*

Les points sensibles ou non se différencient donc aussi bien pour des courants induits ou des ondes amorties que pour les courants continus traversant le cristal. La force électromotrice instantanée qui prend naissance change de sens, et ce sens dépend des conditions que j'ai indiquées dans cette Note.

Je me propose de préciser ultérieurement les causes de ces divers phénomènes.

PHYSICO-CHIMIE. — *Sur l'absorption des radiations ultraviolettes par les dérivés bromés du méthane.* Note de MM. **Massol** et **Faucon**, présentée par M. J. Violle.

Les recherches que nous avions effectuées sur l'absorption des radiations ultraviolettes par les dérivés *chlorés* du méthane ([1]), nous ont amenés à étudier l'absorption de ces radiations par les dérivés *bromés* de même hydrocarbure; la simplicité de la molécule permet en effet de suivre plus facilement l'influence des atomes substitués à l'hydrogène.

*Brome.* — Le brome liquide a déjà été étudié par Liveing et Dewar ([2]) qui ont examiné une couche mince placée entre deux lames de quartz; ces auteurs nous paraissent avoir été les premiers à signaler « une absorption bilatérale à partir de M et de P, et le passage de quelques radiations entre $\lambda = 365$ et $\lambda = 340$ ».

Martens ([3]), étudiant les dissolutions étendues de brome dans l'alcool éthylique,

([1]) *Comptes rendus*, t. **159**, 1914, p. 314.
([2]) Liveing et Dewar, *Chem. News*, t. **47**, 1883, p. 121.
([3]) Martens, *Verh. Phys. Ges.*, t. **4**, 1902, p. 138.

l'alcool amylique et le sulfure de carbone, indique pour la dissolution dans l'alcool éthylique une bande d'absorption dont le milieu est à $\lambda = 290$, tandis que les radiations de $\lambda = 257$ à 214 passent facilement.

Avec la dissolution dans le sulfure de carbone, il dit que la bande du dissolvant est renforcée et reculée vers la droite, et prend comme moyenne de la bande de brome $\lambda = 305$. Il signale en outre une bande à $\lambda = 413$ (partie visible) apparaissant sous de fortes épaisseurs; cette bande s'étendant sur le bleu et le violet, il en conclut que la dissolution du brome dans le sulfure de carbone est violette, tandis que les dissolutions alcooliques qui ne présentent pas cette bande sont brunes (comme pour l'iode).

Dans l'ultraviolet invisible, nous avons retrouvé la bande signalée par Martens avec une dissolution récente de brome dans l'alcool éthylique absolu à $\frac{1}{10\,000}$, et sous des épaisseurs variant de $7^{mm}$ à $15^{mm}$. La dissolution de $\frac{1}{1000}$ est déjà trop concentrée, et c'est seulement à travers $1^{mm}$ de dissolution qu'apparaît sur le spectrogramme une absorption entre $\lambda = 295$ et $\lambda = 248$; avec $2^{mm}$ toutes les radiations sont absorbées jusqu'à $\lambda = 320$.

Les dissolutions dans le chloroforme donnent des résultats sensiblement identiques.

Il n'en est pas de même pour les dissolutions dans le sulfure de carbone, à cause du grand pouvoir absorbant de ce dernier. Nous avons dû diluer avec de l'alcool absolu. La dilution favorable pour observer à la fois la bande du brome et celle du sulfure de carbone, et les différencier, est $\frac{1}{10\,000}$ de brome et $\frac{1}{100}$ de sulfure de carbone examinée sous des épaisseurs variant de $1^{mm}$ à $4^{mm}$; pour des épaisseurs plus grandes, les deux bandes se rejoignent.

La dissolution dans le sulfure de carbone pur à $\frac{1}{100}$ de brome permet d'observer la bande signalée par Martens à $\lambda = 413$. Avec des épaisseurs variant de $5^{mm}$ à $9^{mm}$ elle s'étend de $\lambda = 470$ jusqu'à $\lambda = 390$, recouvrant le bleu et le violet visibles, et une partie de l'ultraviolet; avec $10^{mm}$ d'épaisseur, tout l'ultraviolet est absorbé. Cette bande qui correspond à la partie visible du spectre ne se retrouve avec aucun des dérivés bromés du méthane qui sont tous incolores.

*Tétrabromure de carbone* $CBr^4$. — Ce produit ne paraît pas encore avoir été étudié. Un échantillon pur, bien cristallisé, incolore, a été dissous dans l'alcool éthylique absolu et spectrographié aussitôt après. Avec la concentration $\frac{1}{10}$ toutes les radiations ultraviolettes sont absorbées à partir de $40^{mm}$ d'épaisseur. Les dissolutions plus étendues offrent une transparence de plus en plus grande; nous avons dilué progressivement jusqu'à $\frac{1}{5000}$, mais dans aucun cas nous n'avons retrouvé la bande caractéristique du brome dans l'ultraviolet, et cependant le tétrabromure renferme 96,38 pour 100 de cet élément.

Le carbone apparaît comme possédant une transparence remarquable, capable même de neutraliser le pouvoir absorbant considérable du brome.

*Bromoforme, méthane tribromé* $CHBr^3$. — Le produit pur laisse passer les radiations ultraviolettes jusqu'à $\lambda = 310$ sous une épaisseur de $1^{mm}$; l'absorption n'augmente que très lentement avec l'épaisseur; pour $80^{mm}$ les radiations passent jusqu'à $\lambda = 355$.

Les dilutions à $\frac{1}{100}$; $\frac{1}{1000}$; $\frac{1}{5000}$, examinées sous des épaisseurs variables, n'ont jamais présenté de bande.

*Méthane bibromé* $CH^2Br^2$. — Il est nettement plus transparent que le bromoforme. Pur, sous $1^{mm}$ d'épaisseur, il laisse passer les radiations jusqu'à $\lambda = 274$ et jusqu'à $\lambda = 308$ sous $80^{mm}$. La dissolution à $\frac{1}{1000}$ est transparente jusqu'à $\lambda = 240$ pour $5^{mm}$ et $\lambda = 260$ pour $80^{mm}$; sur aucun spectrogramme nous n'avons observé d'absorption sélective.

En résumé : 1° la bande caractéristique du brome en dissolution $\lambda = 295$ à $248$ ne se retrouve dans aucun des dérivés bromés du méthane;

2° Ces composés sont d'autant plus transparents pour les radiations ultraviolettes qu'ils renferment moins de brome;

3° Chaque dérivé bromé est moins transparent que le dérivé chloré correspondant, examiné dans les mêmes conditions de concentration et d'épaisseur.

*Limite de transmission des radiations ultraviolettes en fonction des épaisseurs.*

| Épaisseur en millimètres. | $CBr^4$ solution à $\frac{1}{50}$. | $CHBr^3$ pur. | $CH^2Br^2$ pur. |
|---|---|---|---|
| 1 | » | 310 | 274 |
| 2 | » | 318 | 280 |
| 3 | » | 319 | 284 |
| 5 | » | 322 | 287 |
| 10 | 375 | 325 | 291 |
| 20 | 340 | 338 | 294 |
| 30 | absorpt. complète | 340 | 297 |
| 50 | » | 344 | 302 |
| 70 | » | 355 | 305 |
| 80 | » | 355 | » |

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la densité du gaz acide bromhydrique. Contribution à la revision du poids atomique du brome.* Note de M. E. **Moles**, présentée par M. Charles Moureu.

1. Dans une Note récente [1] nous avons communiqué les résultats de nos mesures sur la densité du gaz bromhydrique préparé par deux méthodes différentes; à ce propos nous avons fait remarquer que le gaz obtenu par l'action du brome sur la naphtaline avait donné des valeurs trop faibles. Nous avons repris dans la suite la préparation du gaz BrH dégagé à froid

[1] E. Moles, *Comptes rendus*, t. 162, 1916, p. 686.

par l'action du brome sur la naphtaline; l'excès de brome accompagnant le gaz BrH, qui était absorbé, dans nos premiers essais, par un laveur à paraffine chauffée à 180°-200°, a été retenu au moyen d'un tube rempli de naphtaline en morceaux. Le gaz BrH ainsi préparé a donné, après la purification par barbotage et distillations fractionnées successives, les résultats normaux des séries X et XI ci-après. Il paraît donc que l'impureté accompagnant le gaz BrH, très difficilement séparable de celui-ci et qui rendait la densité trop faible, doit son origine au passage du gaz BrH accompagné de vapeurs de naphtaline et de brome dans le laveur à paraffine chauffée.

Le gaz bromhydrique a été préparé encore par l'action du brome sur la paraffine chauffée à 200°. L'excès de brome dégagé a été fixé par le passage du gaz dans un laveur à paraffine chauffée à 180°, et le gaz BrH a été purifié ensuite par barbotage et distillations fractionnées. Les résultats sont ceux de la série IX.

*Déterminations sous* 760$^{mm}$.

| Série. | Pression (corr.). | Poids du litre normal. | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Ballon I. | Ballon II. | Ballon III. | Moyennes. |
| IX........... | mm 732,57 | 3,6442 | 3,6437 | 3,6448 | 3,6443 |
| X............ | 762,30 | 3,6442 | 3,6442 | 3,6448 | 3,6444 |
| XI........... | 785,62 | 3,6448 | 3,6433 | 3,6450 | 3,6444 |
| Moyennes.... | | 3,6444 | 3,6437 | 3,6448 | 3,6444 |
| Moyennes des onze séries. | | 3,6445 | 3,6440 | 3,6447 | 3,6444 |

Ces résultats confirment ceux exposés précédemment. La valeur moyenne du poids du litre normal, déduite de l'ensemble de nos 33 déterminations, faites avec le gaz préparé par quatre méthodes différentes, est

$$3^{g},64442 \pm 0,00013,$$

valeur que nous adopterons pour représenter la densité absolue du gaz BrH.

2. Nous avons encore déterminé le poids du litre de gaz bromhydrique sous pression réduite, en vue de calculer le coefficient de compressibilité et le poids moléculaire exact du gaz BrH, la mesure directe de la compressibilité n'étant pas possible à cause de l'action du gaz sur le mercure. Les pressions choisies sont voisines de 506$^{mm}$,67 et 253$^{mm}$,33, et la technique opératoire est identique à celle suivie pour les mesures à 760$^{mm}$ (méthode du ballon avec les modifications pratiquées à Genève). Les ballons étaient les mêmes que pour les mesures à 760$^{mm}$.

*Résultats obtenus.* — Les séries I, II et III sous la pression $506^{mm},67$ concernent le gaz préparé par hydrolyse du bromure de phosphore; la série IV, celui préparé par l'action du brome sur la naphtaline. Pour les séries sous la pression $253^{mm},33$, les nos 1, 2, 3 et 4 sont relatifs au gaz préparé par hydrolyse du bromure de phosphore et les nos 5 et 6 au gaz obtenu par l'action du brome sur la paraffine.

Dans ces Tableaux nous indiquons la valeur du poids du litre ramené à $760^{mm}$ par la formule des gaz parfaits et toutes corrections faites.

*Déterminations sous* $506^{mm},67$.

| Série. | Pression (corr.). | Poids du litre ramené à $760^{mm}$. Ballon I. | Ballon II. | Ballon III. | Moyennes. |
|---|---|---|---|---|---|
| | mm | | | | |
| I .......... | 497,0 | » | 3,6332 | 3,6343 | 3,6337 |
| II .......... | 509,1 | 3,6338 | 3,6330 | 3,6348 | 3,6338 |
| III .......... | 506,96 | 3,6347 | 3,6312 | 3,6338 | 3,6332 |
| IV .......... | 486,1 | 3,6338 | 3,6305 | 3,6315 | 3,6319 |
| Moyennes .......... | | 3,6341 | 3,6319 | 3,6336 | 3,6331 |

Les écarts sont plus forts que sous la pression de $760^{mm}$, d'accord avec la moindre précision dans les pesées et dans les lectures de pression (écart maximum $\frac{4}{10\,000}$ pour les moyennes par ballon et $\frac{3}{10\,000}$ pour les moyennes par série).

*Déterminations sous* $253^{mm},33$.

| Série. | Pression (corr.). | Poids du litre ramené à $760^{mm}$. Ballon I. | Ballon II. | Ballon III. | Moyennes. |
|---|---|---|---|---|---|
| | mm | | | | |
| 1 .......... | 257,1 | 3,6260 | 3,6227 | 3,6229 | 3,6239 |
| 2 .......... | 246,0 | 3,6269 | 3,6193 | 3,6209 | 3,6224 |
| 3 .......... | 251,7 | 3,6205 | 3,6218 | 3,6204 | 3,6209 |
| 4 .......... | 254,7 | » | 3,6209 | 3,6220 | 3,6215 |
| 5 .......... | 251,5 | 3,6238 | 3,6206 | 3,6220 | 3,6219 |
| 6 .......... | 251,4 | 3,6210 | 3,6195 | 2,6219 | 3,6208 |
| Moyennes .......... | | 3,6236 | 3,6207 | 3,6217 | 3,6219 |

Au moyen des valeurs précédentes nous avons calculé l'*écart à la loi d'Avogadro* pour le gaz BrH en fonction de $p$ et de $\frac{1}{v}$. Les valeurs obtenues diffèrent très peu et, en raison du caractère linéaire des deux courbes, c'est la moyenne $1 + \lambda = 1,00931$ qu'on a adoptée comme valeur la plus pro-

bable; nous reviendrons dans un Mémoire détaillé sur le mode de calcul de $(1+\lambda)$.

Le poids moléculaire du gaz bromhydrique a été calculé par rapport direct à l'oxygène [pour lequel $L = 1,42905$ et $(1+\lambda) = 1,00097$] à l'aide des données ainsi établies. L'expression $m = 32 \frac{3,64442 \times 1,00097}{1,42905 \times 1,00931}$ conduit au résultat suivant :

$$\mathrm{BrH} = 80,934;$$

d'où l'on déduit, en retranchant le poids atomique de l'hydrogène (1,008),

$$\mathrm{Br} = 79,926$$

comme valeur provisoire du poids atomique du brome résultant de l'ensemble de nos recherches.

BOTANIQUE. — *Sur la réapparition du Mildiou* (Phytophtora infestans) *dans la végétation de la Pomme de terre.* Note (¹) de M. **Jakob Eriksson**, présentée par M. Gaston Bonnier.

De nouvelles recherches m'ont donné les résultats suivants :

1. *En plein champ* la maladie n'apparaît que 3 *à* 4 *mois après la plantation des tubercules*, lors de la floraison de la plante. En Suède la première atteinte varie de la mi-juillet au début de septembre, d'après les conditions météorologiques.

2. A cette *éruption primaire* du Champignon, *à la fin de l'été*, on voit de grandes taches noires, et à la face inférieure une fine efflorescence grisâtre, sur les feuilles, surtout sur celles du milieu, les plus vigoureuses du pied; un temps humide et embrumé favorise le mal. Dès le premier jour, les feuilles présentent plusieurs taches chacune; au bout de 2 à 3 jours la plupart des pieds sont envahis. Toutes ces taches sont primaires et indépendantes les unes des autres.

3. *Sous châssis*, où la plantation des tubercules a lieu en janvier, les pieds présentent les premières traces de la maladie *vers la mi-avril;* la tige et les feuilles ont atteint alors leur développement. Le pied de Pomme de terre

(¹) Séance du 17 juillet 1916.

est à ce moment aussi développé que ceux cultivés en plein champ à la fin de l'été.

4. *A l'apparition précoce* sur les pieds en couches, le Champignon envahit *les tiges et les pétioles* qui prennent une coloration noir grisâtre et présentent des déformations partielles. Les pétioles deviennent souvent filiformes, les limbes des feuilles restant verts et sans taches malades.

5. Dans une tache au premier jour de l'*éruption estivale* on remarque plusieurs zones : (*a*) une centrale sombre, d'un brun virant vers le noir, (*b*) en dehors une zone veloutée grisâtre, (*c*) une zone d'un vert pâle, sans moisissure, et enfin (*d*) une région encore saine vert foncé, à $10^{mm}$ de distance de la seconde zone (*b*).

6. Dans *la région vert foncé* et dans la partie contiguë du vert pâle, les cellules ont un aspect normal avec noyaux et grains de chlorophylle, etc. Le corps plasmique de la cellule seulement présente une structure qui diffère de la structure normale du plasma.

C'est à l'aide d'un fort grossissement que nous avons pu constater dans le plasma la présence, entre les grains de chlorophylle, de points noirs. Aucune trace de mycélium n'a été découverte, ni dans les cellules, ni dans les méats contigus.

7. Dans les phases primaires, la structure du corps plasmique de la cellule s'altère. Les grains de chlorophylle du plasma sont sur le point de se désagréger (*phase de désagrégation de la chlorophylle*) ; en même temps le plasma lui-même présente une consistance granuleuse.

8. Dans une phase suivante la structure du plasma change : les grains de chlorophylle sont désagrégés, la masse plasmique paraît plus granuleuse et renferme un grand nombre de nucléoles (4 à 6) (*phase nucléolaire*). Les taches malades des feuilles noircissent, résultat de la désagrégation des grains de chlorophylle.

9. Cette phase est suivie par une autre, plus altérée. Les granulations plasmiques s'associent dans certaines parties de la cellule, surtout dans les cellules palissadiques du parenchyme. La masse plasmique occupe souvent leur bout intérieur. Quelquefois on trouve les amas de granulations au centre ou vers la paroi contiguë à l'épiderme. Les nucléoles sont remplacés par des granulations plasmiques de forme irrégulière (*phase de maturation*).

10. Les changements du corps plasmique de la cellule malade montrent, dans ce corps plasmique, dès le début, deux êtres différents : le plasma de la cellule hôte et celui du Champignon. Intimement mêlés, ils constituent une symbiose qui, héritée de la plante mère, se répand de cellule en cellule. Nous avons appelé cette association plasmatique *mycoplasma*. A une certaine période de développement de la plante nourricière, ces deux êtres intimement mêlés ouvrent un combat duquel le Champignon sort vainqueur.

11. A ce moment le corps plasmique quitte la cellule et pénètre dans les méats intercellulaires. Il entre dans l'état mycélien, et l'on voit se constituer les premiers filaments. Le plasma perfore la paroi de la cellule aux endroits même où les granulations sont surtout épaisses (*phase mycélienne*). Il semble que la masse plasmique sorte à l'aide des plasmodermes.

Selon l'espace offert par le méat intercellulaire, la masse plasmique prend la forme d'un filament, simple ou ramifié, ou d'un chapeau fongueux. Si la masse plasmique sort par le bout extérieur d'une cellule palissadique, elle se présente sous forme d'un filament mince introduit entre l'épiderme et les cellules. A l'intérieur on voit souvent une vésicule volumineuse et entièrement ou en partie vidée. Son contenu a dû être versé dans le filament formé.

12. Le développement du filament mycélien paraît suivre deux directions : les uns restent fins, présentent des nucléoles séparés et visibles. Quelques-uns se détachent du filament comme formations séparées et se développent en *oogones*. Je voudrais qualifier ces filaments de *filaments femelles*. Puis d'autres filaments mycéliens se développent en largeur. Leur contenu plasmatique est plus également disposé le long du filament entier. Ces filaments irrégulièrement ramifiés et souvent pourvus de bifurcations dentiformes se développent parfois en *anthérides*. Je voudrais caractériser ceux-ci comme *filaments mâles*.

13. Entre les *anthérides* et les *oogones* développés, une fécondation a lieu donnant une *oospore*. Les oospores apparaissent solitaires ou réunies, 2 à 3, dans le tissu cellulaire désorganisé de la tache foliaire. Elles sont sphériques, de $20^{\mu}$ à $38^{\mu}$ de diamètre. La paroi en est épaisse et lisse.

14. Les *oospores* peuvent *germer aussitôt* formées. Elles ne sont donc point des spores de repos devant assurer la persistance du Champignon durant l'hiver, mais de vraies *spores d'été* dont la vie est de très exacte durée.

15. Ayant atteint l'ostiole intérieur d'un stomate, les oospores se dé-

veloppent donnant un ou deux à trois rameaux minces qui, sous la forme de tubes ou de filaments, sortent par le stomate. Aussitôt formé, le tube peut produire une spore terminale ovoïde ou ayant la forme d'un citron. Il peut aussi se développer en un filament plus allongé, ramifié. Alors les conidies naissent à l'extrémité des rameaux (spores terminales) ou sur les petites ampoules des ramifications (spores latérales).

16. La germination des premières conidies s'accomplit comme celle des *sporanges;* leur contenu se différencie en huit *zoospores* distinctes, mises en liberté par ouverture du sommet du sporange. Les zoospores peuvent germer aussitôt formées. L'évolution, dès la désagrégation des grains de chlorophylle de la cellule hôte jusqu'à la mise en liberté des zoospores, s'accomplit probablement en un seul jour. Après ce jour, le plus important dans la vie du Champignon, celui-ci se propage par inoculations secondaires produites par zoospores.

GÉOLOGIE. — *Sur l'âge des dépôts oligocènes des bassins d'Aix et de Marseille et, en particulier, des argiles des Milles et des lignites de Saint-Zacharie.* Note [1] de M. **Repelin**, présentée par M. H. Douvillé.

L'âge géologique des argiles des Milles et de la série stratigraphique supérieure du bassin d'Aix a été l'objet d'opinions très différentes les unes des autres, mais tendant toutes à rajeunir de plus en plus ces couches dont la faune n'a été connue d'une manière assez satisfaisante que dans ces dernières années.

Cette formation fut considérée comme bartonienne par Matheron et par Fontannes qui accepta avec ses contemporains l'opinion du savant provençal. Collot, dans la Notice explicative de la feuille d'Aix (Carte géologique au $\frac{1}{80000}$), l'a attribuée à l'Éocène supérieur. Vasseur enfin [2], en dernier lieu, à cause de la présence de dents d'*Aceratherium* et de restes de *Cainotherium*, n'hésita pas à classer les argiles des Milles dans le Lattorfien (Sannoisien). Les dernières découvertes faites par M. Rastoin, propriétaire des carrières d'argile, et l'étude des assises calcaires qui se trouvent à la base de la formation nous permettent d'établir qu'il faut la rajeunir encore et l'assimiler aux argiles de Saint-Henri, d'âge stampien (Rupélien).

---

(1) Séance du 10 juillet 1916.
(2) Note préliminaire sur la constitution géologique du bassin d'Aix-en-Provence.

La faune actuellement connue des argiles des Milles comprend en effet la série suivante :

*Aceratherium Filholi* Osborn :

Une portion de mâchoire inférieure, partie antérieure, avec les deux fragments de mandibule bien en place et montrant, avec les incisives, $P_1$, $P_2$, $P_3$, $P_4$ de chaque mandibule; une mandibule gauche avec $M_1$, $M_2$, $M_3$; une mandibule droite de la même mâchoire avec $M_2$ et $M_3$ (les trois pièces à la Faculté des Sciences de Marseille).

Je ne connais aucun gisement d'âge lattorfien qui ait fourni des restes de cet *Aceratherium*. Celui d'Allias (Bazadais) qui est dans des argiles synchroniques du *Calcaire à Astéries* est stampien, ainsi que celui de Villebramar (Agenais).

*Aceratherium albigense* Roman : Mâchoire inférieure d'un *Aceratherium* de petite taille avec la série complète des dents sur les deux mandibules (Faculté des Sciences). Les caractères et les dimensions sont identiques à ceux de la petite espèce de Saint-Henri dont plusieurs pièces ont été décrites par M. Roman sous le nom d'*Aceratherium albigense*. Cette espèce, dont le type est le crâne trouvé par Caraven-Cachin à Salvagnac, au nord de Rabastens (Tarn), n'existe, à ma connaissance, que dans les assises stampiennes. Les mollasses de Salvagnac sont en effet bien inférieures aux premières assises aquitaniennes à *Helix Ramondi*. Le sommet des coteaux dans cette région où les strates sont subhorizontales, est formé de couches inférieures au calcaire de Briatexte qui couronne les sommets au sud de Montans (Faculté des Sciences).

*Anthracoterium* (*magnum?*) :

Deux molaires $M_2$ et $M_3$ de la mandibule droite d'un *Antracotherium* de *grande taille* identique à celui de Saint-Henri (Musée Longchamp); une molaire très usée $M_2$ se rapportant également à la même espèce et de mêmes dimensions que celles de Saint-Henry (Musée Longchamp); une autre molaire $M_3$, de la mandibule gauche, identique de forme et de dimensions à $M_3$ des pièces de Saint-Henri.

*Doliochœrus* sp., de taille un peu plus grande que le *D. Quercyi* de Filhol (¹):

Une portion de mandibule droite comprenant $P_2$, $P_3$, $M_1$, $M_2$, $M_3$; une portion de mandibule gauche comprenant $P_3$, $M_1$, $M_2$, $M_3$.

*Bachiterium* sp., de mêmes dimensions que celui des phosphorites du

(¹) *Comptes rendus*, t. 94, 1882, p. 1258.

Quercy : Deux portions de mandidules et une molaire $M_2$ de la mâchoire supérieure.

*Cainotherium* sp., identique à celui de Saint-Henri.

*Prodremotherium* cf. *elongatum* : Mandibule gauche avec $P_3$ et $M_1$, $M_2$, $M_3$; une molaire et une prémolaire du côté droit de la mâchoire inférieure.

Les formes les plus caractéristiques de cette faune sont bien celles de la faune stampienne de Saint-Henri.

Au point de vue stratigraphique, le calcaire de Luynes déjà signalé par M. Vasseur *à la base* des argiles (¹) nous offre une série de mollusques dont les affinités sont avec la faune lattorfienne bien plus qu'avec la faune ludienne. On y trouve des Mélaniens spéciaux, des Striatelles, dont une espèce identique à une forme non décrite de Barjac et une autre qui se retrouve dans le calcaire sannoisien de Saint-Jean-de-Garguier, des Potamides, des Néritines, des Planorbes généralement déformés, aplatis, indéterminables spécifiquement, des Paludines (*Vivipara*) tout à fait semblables à celles des couches sannoisiennes de Saint-Jean de Garguier et de Lestaque, enfin des Cyrènes pour compléter l'analogie. Cette faune que Vasseur devait étudier depuis longtemps mérite un examen détaillé; elle contient un certain nombre de formes nouvelles.

Elle nous permet en tout cas d'assimiler raisonnablement le calcaire de Luynes au calcaire de Lestaque (Lattorfien) dont il a les caractères pétrographiques, les argiles des Milles étant d'autre part assimilées à celles de Saint-Henri (Rupélien). Les conditions de dépôt étaient donc identiques dans les deux bassins qui devaient communiquer facilement. Rien de pareil n'existait pendant l'Éocène. Les seuls dépôts incontestables de cette époque sont cantonnés dans le bassin d'Aix. Les formations de Saint-Zacharie même les plus inférieures, malgré la présence d'un *Palæotherium* de taille moyenne, doivent être attribuées au Lattorfien comme le prouve la présence, dans les couches ligniteuses de la base, de restes d'un grand *Anthracotherium* de la taille de ceux des Milles et de Saint-Henri.

Une conséquence de ces conclusions est qu'il faut sans doute rapporter à l'Aquitanien inférieur et non au Rupélien les assises directement superposées aux argiles et qui contiennent les premiers exemplaires d'*Helix Ramondi*, que Vasseur avait cru pouvoir rapprocher de *Helis corduensis* var. *major*, mais qui en réalité font partie du phyllum *H. Raulini* Noul. (non

---

(¹) *Loc. cit. ante.*

*corduensis*) — *H. Ramondi*, et ne diffèrent que peu de *H. Ramondi* typique, alors qu'elles se distinguent de suite par leur taille de *H. Raulini*.

La série calcaréo-gypseuse avec poissons, insectes et plantes se place dès lors naturellement dans l'Aquitanien au niveau des assises similaires à poissons, insectes, plantes de Manosque et de Céreste, et l'Aquitanien se termine dans notre région par les calcaires d'Éguilles et de Puyricard.

PHYSIOLOGIE. — *Vitesses musculaires mesurées par la chronaxie dans les différentes cavités du cœur et les faisceaux de passage.* Note de Mmes **Marcelle Lapicque** et **Catherine Veil**, présentée par M. Dastre.

Nous avons cherché à déterminer les vitesses musculaires propres aux différentes cavités cardiaques en prenant comme mesure leur *chronaxie*. Nous avons expérimenté sur quelques Vertébrés inférieurs : grenouille, tortue et poisson rouge.

Le cœur étant mis à nu, mais laissé *in situ*, nous piquions une fine électrode d'argent sur l'une ou l'autre des parties du cœur dont nous voulions connaître la chronaxie, l'autre électrode à large surface étant placée dans la bouche de l'animal ou dans la cavité abdominale. L'excitation était faite soit au moyen de passages de courants constants, soit au moyen de décharges de condensateurs de capacités variables s'effectuant dans un circuit à résistances connues et constantes très voisines de 10000 ohms.

Nous déterminions par les procédés habituels, la *rhéobase* et la *chronaxie*. Dans quelques expériences, laissant le cœur battre spontanément, nous provoquions une extrasystole au moment le plus favorable pour avoir une réponse, c'est-à-dire pendant la phase diastolique ; dans d'autres expériences, le cœur étant au repos par l'effet de la première ligature de Stannius pratiquée sur le sinus veineux, les excitations électriques font apparaître des contractions de l'oreillette et du ventricule qui ne diffèrent pas des contractions spontanées, comme on peut s'en convaincre par l'enregistrement graphique : on obtient d'ailleurs les mêmes chiffres pour la chronaxie de l'oreillette et du ventricule avant comme après la ligature. De plus, nous nous sommes assurées que pour une cavité cardiaque donnée, la position de l'électrode ne change pas la chronaxie.

Voici quelques chiffres d'expériences :

| | | Rhéobase en volts. | Chronaxie en microfarads. |
|---|---|---|---|
| *Rana esculenta* (expérience du 27 juin). | Sinus veineux.... | 2,0 | 0,7 |
| | Oreillette........ | 5,0 | 0,7 |
| | Ventricule....... | 4,6 | 0,7 |
| *Cistudo europæa* (expérience du 29 mai). | Sinus veineux.... | 9,5 | 6,2-6,5 |
| | Oreillette........ | 6,2 | 6,2 |
| | Ventricule...... | 3,5 | 6,5 |
| *Carassius auratus* (expérience du 14 juin). | Sinus veineux.... | 9,6 | 2,5 |
| | Oreillette........ | 10,0 | 2,7 |
| | Ventricule....... | 8,0 | 2,4-2,5 |

Dans quelques cas, nous avons aussi mesuré la chronaxie du bulbe aortique de la grenouille et de la tortue; elle s'est trouvée être la même que celle de l'oreillette et du ventricule correspondants. Chez la grenouille et la tortue, où il existe deux oreillettes, nous nous sommes assurées que les deux oreillettes avaient la même chronaxie.

Dans toutes nos expériences, comme dans les exemples ci-dessus, nous avons observé une *chronaxie* identique avec toute la précision qui peut être atteinte dans ces mesures. *Il existe donc un remarquable isochronisme des différentes cavités cardiaques.*

Une partie bien déterminée nous a donné d'une façon constante une chronaxie plus élevée; c'est un faisceau musculaire unissant l'oreillette au ventricule et qu'on peut suivre en remontant jusqu'au sinus. Chez la tortue ce faisceau est visible à l'œil nu si l'on retourne le cœur de l'animal de façon à examiner le sinus. Gaskell [1] nous a appris que, chez la tortue, les éléments musculaires ont là une structure spéciale; ils sont moins différenciés, se rapprochent du type embryonnaire et sont plus riches en sarcoplasma. Engelmann a trouvé la même disposition sur la grenouille.

Pour exciter ce pont musculaire qui assure la conduction de l'excitation du sinus aux oreillettes et au ventricule, nous avons opéré de plusieurs façons différentes.

Sur le cœur battant, nous avons piqué l'électrode différenciée dans ce pont musculaire. Aussitôt nous constations, en général, de l'allorythmie, le ventricule battant avec une fréquence trois ou quatre fois moindre que les oreillettes. Nous cherchions la chronaxie du pont auriculo-ventriculaire, en observant soit la contraction directe des fibres musculaires,

(1) GASKELL, *On the innervation of the heart with special reference to the heart of the Tortoise* (*Journal of Physiology*, 1883).

soit l'extrasystole provoquée par l'excitation transmise dans le ventricule. Ensuite nous cherchions la chronaxie du ventricule en piquant l'électrode différenciée directement à la pointe.

Nous avons opéré de la même façon en enlevant les oreillettes; la conduction n'a pas été troublée par cette suppression et les résultats ont été les mêmes. Nous avons effectué aussi la première ligature de Stannius de façon à arrêter les mouvements spontanés du cœur ou au moins à les ralentir considérablement (chez la tortue, en effet, quelques minutes après la ligature, le ventricule se remet à battre, mais à un rythme très ralenti).

On peut voir, lorsque l'électrode est appliquée sur le pont musculaire, la propagation de l'excitation s'effectuer de l'électrode active jusqu'au ventricule qui se contracte avec un retard notable très supérieur à celui constaté lorsqu'on excite le ventricule directement. Nous nous sommes rendu compte de la valeur de ce retard par l'enregistrement graphique : il est de l'ordre de la demi-seconde. Sur le cœur arrêté, les résultats sont encore les mêmes que sur le cœur battant.

Voici quelques différences de chronaxies observées :

| | | Rhéobases en volts. | Chronaxies en microfarads. |
|---|---|---|---|
| *Rana esculenta* (expérience du 2 juillet). | Pont auriculo-ventriculaire... | 9,6 | 1,70 |
| | Pointe du ventricule........ | 1,0 | 0,40 |
| *Testudo mauritanica* (expérience du 1er juillet). | Pont auriculo-ventriculaire... | 10,0 | 7,5 |
| | Pointe du ventricule......... | 1,9 | 2,5 |
| *Carassius auratus* (expérience du 20 juin). | Pont auriculo-ventriculaire... | 2,6 | 5,5 |
| | Pointe du ventricule......... | 3,5 | 2,5 |

La différence de chronaxie est ici très frappante en regard à l'isochronisme si net de tout le reste du cœur. Cette chronaxie plus grande révèle, d'après une loi générale, une moindre vitesse de conduction. Il y a là un fait nouveau pour l'explication du retard déterminé avec lequel entrent successivement en jeu les diverses cavités cardiaques.

PHYSIOLOGIE. — *Temps des réactions psychomotrices des candidats à l'Aviation.* Note de MM. **Jean Camus** et **Nepper**, présentée par M. Charles Richet.

Nous avons, dans des publications antérieures (1), indiqué les principes d'une méthode qui nous a servi à étudier les réactions émotives d'une part, les temps des réactions psychomotrices d'autre part, des candidats à l'Aviation et des blessés atteints de traumatismes crâniens.

Parmi les hommes que nous avons examinés figurent des aviateurs émérites et d'excellents candidats qui ont fourni de très bonnes épreuves. Nous avons pourtant été frappés de ce fait que les temps des meilleures réactions étaient peu différents des moyennes classiques. Ces moyennes étant, d'après nos recherches, 196 millièmes de seconde pour les réactions visuelles; 147 millièmes de seconde pour les réactions auditives et 150 pour les réactions tactiles. Il est très rare de voir ces temps diminués de 20 millièmes.

Aussi notre attention a-t-elle été fortement retenue par une récente Communication dans laquelle M. Lahy (2) relate chez des mitrailleurs des temps de 104,6; 101,6, etc., pour les impressions visuelles, et des temps de 89,3, etc., pour des impressions auditives.

La brièveté surtout des réactions visuelles et leur peu d'écart chez les mêmes sujets avec les temps des réactions auditives constituent un phénomène difficilement explicable si nous nous reportons à nos recherches personnelles.

En effet, les sujets que nous avons observés étaient de même âge, de même race, appartenaient au même milieu, avaient mené à peu près la même vie que ceux qui ont été examinés par M. Lahy. Les différences entre les résultats obtenus par cet auteur et par nous, ainsi d'ailleurs que par de très nombreux observateurs, ne peuvent à notre avis s'expliquer que par une grande différence dans les techniques employées.

Dans nos recherches nous nous sommes toujours servis du chronomètre électrique de d'Arsonval : les excitations visuelles étaient déterminées par le

---

(1) Jean Camus et Nepper, *Mesure des réactions psychomotrices des candidats à l'Aviation* (*Paris médical*, 18 mars 1916); *Les réactions psychomotrices et émotives des trépanés* (*Ibid.*, 3 juin 1916).

(2) *Comptes rendus*, t. 163, 1916, p. 33-35

départ de l'aiguille, les excitations auditives étaient fournies par un coup bref donné avec le marteau de l'appareil de d'Arsonval sur une petite planchette; les excitations tactiles par un petit choc donné avec le même marteau sur le cuir chevelu du sujet ou sur sa main.

Il est connu d'ailleurs par de nombreuses expériences que plusieurs causes peuvent faire varier les temps des réactions. Elles se ramènent à deux groupes : les unes modifient l'excitabilité du sujet (toxiques : morphine, alcool, café, etc.). Les autres font varier l'excitant (intensité, qualité, durée de ce dernier, etc.).

Et le résultat constant de ces modifications est de diminuer la rapidité de la réponse, sauf peut-être pour le café, qui accélère de quelques millièmes, à peine, le mouvement réactionnel.

EMBRYOGÉNIE. — *Le développement ontogénique et les organes analogues.* Note [1] de M. L. VIALLETON, présentée par M. Henneguy.

La marche du développement ontogénique, la manière dont les organes se forment à partir d'un point ou d'une ligne servant d'axe à la différenciation, le moment de leur apparition et leurs relations avec les organes formés avant eux, permettent de comprendre pourquoi, dans certains groupes, la même fonction ne peut pas être remplie par un même organe plus ou moins transformé, mais exige la création d'un organe nouveau, analogue par conséquent, mais non homologue à celui qui, dans l'autre groupe, joue le même rôle.

Un exemple très net d'organe de cette nature est fourni par l'aile des Insectes comparée à celle des Vertébrés. On sait que la première n'est point formée par un membre déplacé et adapté à ses nouvelles fonctions, comme c'est le cas chez les Vertébrés, mais qu'elle est constituée par une expansion membraneuse des plaques dorsales n'ayant rien de commun avec les autres membres.

Dans une longue étude sur la genèse des organes du vol, M. Branca [2] fait remarquer qu'il n'y a pas d'Insecte avec deux ou quatre pattes transformées en ailes, ni de Vertébré où, avec les extrémités conservées, des

---

[1] Séance du 17 juillet 1916.

[2] W. BRANCA, *Fossile Flugtiere und Erwerbung des Flugvermögens* (*Abhandl. d. König. Preuss. Akademie d. Wissenschaften*, 1908).

ailes soient nées du dos. Cela se comprend bien pour ces derniers, dit-il, car leurs ailes nécessitent un appareil musculaire et squelettique très complexe qui ne pouvait naître à cette place, tandis qu'il semble bien que, chez les Insectes, la nature aurait pu transformer en ailes les membres qui, chez les Arthropodes, montrent une si grande variété de forme et de fonction. Si la nature ne l'a pas fait, c'est, pour ainsi dire, parce qu'elle ne l'a pas voulu, bien que le pouvant (Branca, *loc. cit.*, p. 9).

Le déroulement de l'ontogenèse dans les Vertébrés et les Insectes contredit absolument cette manière de voir et montre que les extrémités de ces animaux se trouvent, par le fait même du développement, dans des conditions absolument différentes pour chaque groupe. Éliminons d'abord les difficultés qui pourraient être soulevées à propos de la comparaison des membres dans les deux formes; en effet, quelques différences qu'il y ait entre eux, il n'en est pas moins vrai que dans les deux cas les membres sont fournis par des appendices des métamères, et cela suffit pour la présente discussion.

Chez les Insectes le développement commence à partir d'un sillon placé sur la future face ventrale, la gouttière germinale, de part et d'autre de laquelle se forment les bandelettes nerveuses, les somites mésoblastiques et les bourgeons des membres qui naissent très près de la gouttière, de très bonne heure. Au delà des membres les feuillets embryonnaires se différencient progressivement jusqu'au pôle de l'œuf opposé à la gouttière germinale. L'organogenèse procède donc d'une manière régulière à partir de cette gouttière et s'effectue dans un seul sens, ventro-dorsalement, mode que von Baer a caractérisé par les mots *evolutio gemina*.

L'aile devant toujours être placée du côté dorsal pour s'insérer au-dessus du centre de gravité, condition indispensable d'équilibre, il faudrait, pour faire une aile avec un membre d'Insecte, imposer à ce dernier un déplacement très considérable, ce qui est impossible, car des proliférations cellulaires intenses, comme celles qui seraient nécessaires pour amener une semblable transposition, ne s'observent jamais au niveau des organes primitifs et axiaux, dont les connexions devraient être bouleversées de fond en comble pour se prêter à ce nouvel arrangement. La situation dorsale des antennes, nées sur le côté ventral, ne contredit en rien cette thèse, car elle résulte simplement de l'absence presque totale de la portion dorsale du métamère antennaire, en rapport avec le manque de l'appareil digestif à ce niveau. Il paraît donc bien impossible à la nature de faire une aile d'Insecte avec un membre de ce dernier.

Chez les Vertébrés la marche de l'ontogenèse et les connexions primitives des membres sont tout autres et se prêtent parfaitement à de grandes transpositions de ces derniers. Le processus organogénique peut être représenté, chez eux, par un double mouvement d'accroissement et de différenciation qui s'effectue dans deux sens opposés à partir de la chorde dorsale (*evolutio bigemina*, von Baer). Un premier mouvement, dirigé dans le sens dorsal, détermine la formation du névraxe et des protovertèbres constituant l'épisoma; un autre mouvement, plus tardif, dirigé en sens inverse, dorso-ventralement, amène la formation du tube digestif et des parois latéro-ventrales du corps formant l'hyposoma. Les ébauches des membres se rattachent à ce dernier. Ce sont donc des formations moins primitives que chez les Insectes, moins étroitement liées aux organes axiaux, et qui pourront se développer sur l'un quelconque des points de l'hyposoma sans que ce changement de position nécessite un remaniement profond des connexions primitives. De plus le développement inégal de l'hypo- et de l'épisoma qui, chez les Amniotes en particulier, réduit ce dernier à une faible étendue de part et d'autre de la ligne médiane dorsale, permettra au membre transformé en aile de se placer très dorsalement comme l'exige l'équilibration de l'animal.

D'autres particularités du développement concourent en outre à opposer les membres dans les deux groupes, notamment l'évolution des somites mésoblastiques si différente dans chacun d'eux, la situation périphérique du squelette des Arthropodes, si importante pour une meilleure conservation de la métamérie; enfin la constitution des régions qui, chez les Insectes, entraîne une localisation des membres incompatible avec les arrangements permettant, chez les Vertébrés, la transformation des membres antérieurs en ailes.

Ainsi la marche tout entière du développement, aussi bien dans ses lignes principales que dans ses traits secondaires, est de la plus haute importance morphologique. Elle explique pourquoi certains organes, destinés à remplir la même fonction, comme les appendices métamériques qui formeront les membres, ne peuvent pas réaliser dans un groupe certaines adaptations qu'ils atteignent facilement dans un autre; elle limite les possibilités évolutives et caractérise en définitive toute l'organisation.

C'est pourquoi des formules qui la traduisent explicitement comme le faisaient celles de von Baer, rapportées plus haut, sont plus compréhensives et plus fécondes que d'autres conceptions embryogéniques par quoi on a prétendu les remplacer, comme par exemple la théorie de la gastrula.

Celle-ci est fondée sur une propriété fondamentale de tous les animaux, celle d'ingérer des proies d'une étendue déterminée, d'où découle pour eux la nécessité de posséder une cavité digestive centrale, contrairement aux végétaux dont les organes de nutrition s'étalent en lames. Mais, si importante qu'elle soit, cette propriété ne gouverne point à elle seule l'évolutilité animale, parce que, les animaux étant aussi essentiellement caractérisés par leur vie de relation, celle-ci l'emporte dans leur constitution, dominant, dans la plupart des cas, la vie végétative à laquelle la théorie précitée a attribué partout, à tort, la prépondérance. Les arrangements possibles des appareils de la vie de relation sont autrement nombreux et divers que ceux qui peuvent s'édifier sur l'archentéron. C'est pourquoi la théorie de la gastrula a si peu répondu aux espérances qu'elle avait fait naître.

BACTÉRIOLOGIE. — *Sur la recherche des bacilles tuberculeux dans les crachats.* Note (¹) de M. **H. Bierry**, présentée par M. Dastre.

La recherche des bacilles tuberculeux dans les expectorations a une grande importance pour assurer le diagnostic des formes ouvertes de la tuberculose pulmonaire. Souvent, vu la rareté des bacilles, il faut avoir recours à des artifices, il importe alors de « sédimenter » pour obtenir un enrichissement. C'est dans ce but qu'on a préconisé, en particulier, des méthodes dites *méthodes d'homogénéisation des crachats.* Ces méthodes ont pour but d'obtenir à partir des expectorations, après en avoir liquéfié tous les éléments, sauf les bacilles tuberculeux, un liquide *homogène*, et de concentrer ensuite ces bacilles par une méthode appropriée.

Un grand nombre de procédés, dont les plus connus sont ceux de Biedert, Spengler, Jacobson, Ellermann et Erlandsen, Bezançon et Philibert, ont été décrits pour l'homogénéisation des crachats, utilisant soit la soude, soit l'antiformine associée à la ligroïne, soit la pancréatine, soit le suc gastrique.

J'ai eu l'occasion, dans de nombreuses analyses (plus de 500), de comparer ces méthodes, et j'ai pu, en combinant diverses d'entre elles, arriver à une technique qui m'a semblé plus simple et plus pratique tout en

(¹) Séance du 17 juillet 1916.

donnant de bons résultats [1]. Cette technique consiste à liquéfier d'abord les expectorations et à provoquer ensuite un dépôt qui, par centrifugation, donne sous un petit volume les bacilles qui étaient disséminés dans la masse visqueuse, bacilles qu'il est dès lors facile de colorer.

La liquéfaction des crachats est obtenue par addition d'eau distillée, d'hypochlorite de soude en quantité très faible et de soude diluée, à une température voisine de 35° à 38°. Au mélange on ajoute, jusqu'à réaction faiblement acide, de l'acide acétique dilué; on détermine ainsi la formation d'un premier précipité qui se dépose rapidement par centrifugation et qui renferme en outre des bacilles de Koch, de la mucine, des nucléo-protéides et des alcalialbumines. La division du précipité est obtenue par agitation de la liqueur, pendant la neutralisation, dans un tube de verre bouché; l'obtention du précipité, dans une liqueur de densité convenable, est réalisée en 10 minutes environ, avec un centrifugeur à mains. Le premier précipité est séparé du liquide qu'on décante; le liquide décanté est additionné d'acide acétique jusqu'à obtention d'un second précipité. On réalise ainsi, par *précipitation fractionnée*, l'entraînement global des bacilles tuberculeux contenus dans la liqueur.

1° Mesurer le volume des crachats, ajouter $2^{vol}$ d'eau distillée s'il s'agit de crachats muqueux baignés dans la salive, ajouter $5^{vol}$ d'eau distillée s'il s'agit de crachats nummulaires épais; additionner d'hypochlorite et de soude, à raison d'une goutte d'eau de Javel et de 20 à 40 gouttes de soude (NOH à 1 pour 100) pour $5^{cm^3}$ de crachats.

2° Chauffer doucement le mélange de façon à ne pas dépasser 35°-37°. Ajouter goutte à goutte la solution de soude jusqu'à ce que l'homogénéisation soit obtenue.

3° Verser dans un tube de verre, muni d'un bouchon de caoutchouc, $1^{vol}$ de liqueur homogène et $1^{vol}$ d'eau distillée. Mélanger. Ajouter goutte à goutte de l'acide acétique au $\frac{1}{50}$ jusqu'à réaction faiblement acide au tournesol. On est averti de la neutralité par l'apparition d'un précipité. Après chaque addition d'acide on agite doucement pour obtenir un précipité très divisé.

4° Verser le liquide ainsi traité dans les tubes du centrifugeur. Centrifuger 10 minutes, décanter et recueillir le liquide surnageant; étaler le culot sur lames.

5° Ajouter au liquide décanté de l'acide acétique à $\frac{1}{10}$ jusqu'à formation de précipité. Centrifuger à nouveau et préparer les lames avec le second dépôt.

6° Les lames préparées avec les deux culots de centrifugation sont placées sur la platine chauffante. Chauffer ensuite légèrement chaque lame, puis étaler, avec une autre lame, le culot épaissi en couche mince et uniforme. La préparation prend l'aspect du verre dépoli.

---

(1) J'ai été aidé dans toutes ces analyses, avec autant de dévouement que d'habileté, par M. Durain, pharmacien, infirmier-préparateur au laboratoire, et M. Angibeau, attaché au laboratoire.

7° Fixer, colorer par la méthode de Ziehl-Neelsen pour éliminer les *acido-résistants*.

Avec cette méthode la fonte des éléments cellulaires est complète, les microbes et les bactéries ont également subi la lyse. Les bacilles tuberculeux ne paraissent pas altérés, on les retrouve sous leurs divers aspects : bacilles homogènes, uniformément colorés dans toute leur étendue, longs ou courts; bacilles granuleux, également longs ou courts, constitués par une série de points chromatiques fortement colorés qui tranchent sur un substratum unissant plus pâle. Il devient ainsi facile de vérifier si les divers aspects que présentent les bacilles tuberculeux dans les expectorations peuvent indiquer, comme le pensent Piery et Mandoul, des modalités particulières de la lésion ou de son évolution et aider au pronostic, et s'il peut vraiment être établi une formule bactériologique correspondant aux formes cliniques courantes de la tuberculose pulmonaire.

Cette technique, un peu modifiée, permet également de déceler les bacilles tuberculeux dans les ganglions lymphatiques hypertrophiés, mais sans tuberculisation apparente.

Le précipité renfermant les bacilles de Koch peut être facilement lavé avec de l'eau physiologique stérile, il est assez fin pour pouvoir être injecté au cobaye avec une aiguille de seringue de Pravaz. Il paraît intéressant de pouvoir suivre (en améliorant selon les besoins le procédé d'homogénéisation) la virulence des bacilles tuberculeux suivant leurs divers aspects morphologiques et au cours d'une même maladie.

La séance est levée à 16 heures et quart.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 31 JUILLET 1916.

PRÉSIDENCE DE M. Ed. PERRIER.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
### DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

En annonçant dans sa précédente séance la mort de Sir *William Ramsay*, Associé étranger de l'Académie, M. le **Président** s'est exprimé ainsi :

L'Académie, dans sa séance du 17 juillet, apprenait la mort de l'un de ses plus illustres Associés étrangers, Elias Metchnikoff; j'ai le regret de lui annoncer qu'elle a perdu un autre de ses Associés qui était une des plus hautes illustrations de la Science anglaise, en même temps qu'un grand ami de notre pays, Sir **William Ramsay**.

Sir William Ramsay était depuis le 8 juillet 1895 Correspondant de l'Académie. Il s'était acquis déjà une grande notoriété parmi les savants grâce à une série de recherches physico-chimiques de la plus grande originalité. On lui devait un moyen pratique de déterminer la densité des liquides à leur température d'ébullition; une nouvelle méthode pour la détermination des tensions de vapeur des solides et des liquides; un moyen d'obtenir des températures constantes, et il avait fait une étude comparative des résultats obtenus par la méthode statique et la méthode dynamique pour mesurer les tensions de vapeur. Il avait enfin déterminé l'ensemble des propriétés thermiques de l'alcool éthylique et de l'acide acétique.

La vaporisation et la dissociation avaient été de sa part l'objet de recherches délicates; celles sur l'énergie moléculaire superficielle des mélanges de liquides non associés et des modifications qu'elle subit, pour les éthers, sous l'influence de leur constitution chimique étaient plus délicates encore et il avait été conduit par elles à se poser et à résoudre cette question : Les liquides sont-ils constitués par des molécules plus complexes que leurs vapeurs? Il avait, sous ce rapport, réparti les liquides en deux classes :

1° ceux dont les molécules sont de même grandeur que leurs molécules gazeuses ($CS^2$, $SiCl^4$, $CCl^4$, $C^2H^5I$, éther, formiate de méthyle, benzine, etc.); 2° ceux dont les molécules sont formées par l'association de deux ou plusieurs de leurs molécules gazeuses (eau, divers alcools, etc.). C'était pénétrer d'une façon tout à fait imprévue dans un domaine en apparence inabordable, celui de la constitution intime des corps.

Il avait débuté dans la Science en montrant qu'à la température de 0° la glace a une tension de vapeur inférieure à celle de l'eau non encore congelée.

William Ramsay attribuait pour une bonne part ses succès dans ce genre d'investigations à son extrême habileté à travailler le verre qui lui permettait de construire lui-même, comme autrefois Faraday, les appareils compliqués que nécessitait parfois l'analyse expérimentale.

En 1883, il annonçait que l'acide chlorhydrique et l'ammoniaque *secs* ne se combinent pas. L'intervention de la vapeur d'eau est nécessaire. C'était le premier exemple de la nécessité de la présence de traces d'un adjuvant pour donner le branle aux affinités, fussent-elles puissantes, de deux corps placés en présence l'un de l'autre. Avec Sidney Young, il a établi les relations simples qui existent entre les tensions de vapeurs, les points d'ébullition, la dissociation, l'énergie superficielle des liquides et de leurs mélanges. Ces recherches nécessitaient des mesures des plus délicates et des plus exactes; l'originalité des conceptions qui les avaient inspirées avait valu à William Ramsay l'honneur d'entrer de bonne heure à la Société royale de Londres.

Mais des découvertes d'un tout autre ordre devaient bientôt donner à son nom une illustration universelle. Depuis Lavoisier, la composition de l'air avait été l'objet de nombreuses recherches et on la croyait bien connue. On s'était étonné cependant qu'il fût impossible de faire absorber complètement l'air par les corps qui se combinent soit avec l'oxygène, soit avec l'acide carbonique, soit avec la vapeur d'eau, soit même avec l'azote.

En étudiant, de concert avec lord Rayleigh, le résidu qui persiste toujours, il mit en évidence l'existence d'un nouveau corps insoupçonné, l'*argon*, qui entre pour un centième dans la constitution de l'air. Cette découverte remonte à 1894; l'année suivante, dans un minéral uranifère, la *clévéite*, William Ramsay découvrait la présence de l'*hélium*, qui n'était connu que par la présence dans le spectre solaire de sa raie spéciale. Poursuivant avec ses élèves, notamment avec Travers, ses études sur la composition de l'air, il découvrait successivement, de 1895 à 1898, d'autres gaz auxquels il a donné les noms de *crypton*, de *xénon* et de *néon*.

Notre confrère M. Moureu, dès 1895, signalait la présence de l'hélium dans les gaz de la source de Maizières (Côte-d'Or); depuis 1903, il a poursuivi ces recherches et retrouvait les cinq nouveaux gaz dans toutes les sources minérales; il s'est adjoint pour ces études, depuis 1906, successivement MM. Robert Biquard et Adolphe Lepape.

L'étude, en commun avec Soddy, de l'émanation du radium pour laquelle il proposait le nom de *niton*, devait conduire W. Ramsay à d'autres conclusions d'une importance capitale. Il démontrait la transformation partielle de cette émanation en hélium. C'était le renversement de toutes les idées courantes sur l'immutabilité de la matière, le premier exemple d'un corps dont les atomes se détruisent spontanément en libérant une quantité énorme d'énergie. Cette destruction n'est pas instantanée; on peut mesurer le temps que met à disparaître, dans des conditions données, $1^g$ de radium. Or un certain nombre de minéraux naturels contiennent, outre du radium, ainsi que de l'uranium dont le radium est lui-même issu, une certaine quantité d'hélium; on peut calculer le temps que cette quantité d'hélium a mis à se former, calculer par conséquent l'âge minimum de ces minéraux et arriver à déterminer ainsi l'époque à laquelle il faut reporter, pour le moins, la formation de la croûte solide du Globe.

L'énergie développée par la destruction du radium peut être employée à détruire d'autres corps. Sir William Ramsay et ses élèves ont annoncé qu'elle était capable de *dégrader* les métaux, le cuivre et l'argent notamment; de changer, par exemple, le cuivre en lithium, le plomb en carbone et, d'une manière générale, de faire descendre peu à peu les métaux dans l'échelle des groupes constitués par Mendeleef. On est allé depuis jusqu'à penser que de dégradation en dégradation la matière pouvait revenir à l'éther et s'évanouir, et réciproquement qu'on pouvait remonter de l'éther à la matière. Ces résultats ont été contestés, mais d'autre part Rutherford a constaté que le radium engendrait successivement plusieurs corps dont le dernier s'identifiait avec le *polonium* qui lui-même semblait engendrer du plomb. En tous cas, l'homme dont les recherches et les idées ont pu conduire à une pareille révolution, relativement à l'essence de la matière et par conséquent à la nature de l'Univers, compte parmi les plus grands. L'Académie des Sciences l'avait élu Associé étranger le 27 juin 1910. Il avait obtenu en 1904 un prix Nobel. Il était officier de la Légion d'honneur.

Sir William Ramsay appartenait à une vieille famille écossaise dont le nom avait été illustré dans les lettres et dans les sciences; il était le neveu

de Sir Andrew Crombie Ramsay qui fut un géologue éminent. Né le 2 octobre 1852 à Glasgow, il avait fait ses études dans l'Université de cette ville et était allé ensuite les compléter en Allemagne, dans l'Université de Tubingue. En 1880, à 28 ans, il était professeur de Chimie à l'Université de Bristol, d'où il passait avec le même titre à celle de Londres en 1887. Il avait présidé la Société royale de Londres et la plupart des Académies du monde l'avaient appelé à elles.

Il entretenait avant la guerre de nombreuses relations avec l'Allemagne, notamment avec le chimiste Ostwald. Mais la façon dont la guerre avait été déclarée et conduite, les prétentions de l'Allemagne à être la lumière et la maîtresse du monde l'avaient profondément ému, et il s'en était exprimé avec la plus grande indignation dans de nombreuses circonstances.

En offrant à l'Académie un nouveau Volume dont il est l'Auteur, M. **Edmond Perrier** s'exprime ainsi :

J'ai l'honneur de déposer sur le bureau de l'Académie un Volume que je viens de publier et qui a pour titre : *A travers le Monde vivant*. Comme mon précédent Ouvrage : *France et Allemagne*, ce Volume est un recueil d'articles qui ont paru dans le journal *Le Temps;* mais, au lieu de traiter des questions touchant aux rôles respectifs de la France et de l'Allemagne dans l'évolution et les progrès de la Science et à leur manière d'envisager la civilisation, ce nouveau Volume traite des questions biologiques qui ont pu se poser dans ces derniers temps ou ont fait l'objet de recherches nouvelles, depuis les conditions de la vie dans les planètes Mars et Vénus jusqu'à celles que doit remplir ce qu'on a appelé le *féminisme* pour être d'accord avec les données de la Science sur la nature et les caractères biologiques des sexes.

Les articles ont été choisis de manière à former autant de Chapitres qui s'enchaînent et forment un tableau du mouvement des sciences naturelles dans ces dernières années : la conquête des pôles, les explorations des terres nouvelles; la vie dans la haute mer, dans les abîmes océaniques, sous les tropiques dans les époques géologiques diverses; les phénomènes d'adaptation réciproque des êtres vivants que Bernardin de Saint-Pierre appelait les *harmonies de la Nature*, les découvertes nouvelles sur les microbes et les maladies parasitaires, le programme de ces sciences nouvelles l'Eugénique et la Génétique qui ont pour objet de nous mettre en mesure de perfectionner et de modifier à notre gré les organismes, les recherches de

Fabre et de ses émules sur l'Intelligence et l'Instinct des animaux, le gros problème de la nature de l'origine des sexes et des modifications dont il sont susceptibles sont les principales questions qui ont été successivement étudiées de manière à montrer leur enchaînement et à faire saisir l'étroite connexité de tous les domaines de la Science et de rendre sensible son unité.

M. G. **Bigourdan** fait hommage à l'Académie d'une brochure qu'il vient de publier sous le titre : *Le climat de la France. Température, pression, vents.*

ÉLECTRICITÉ. — *Instruments de chirurgie adaptés au champ de l'électro-vibreur.* Note de MM. J. **Bergonié** et **Ch.-Éd. Guillaume.**

Les instruments ordinaires (pinces hémostatiques, sondes cannelées, etc.) utilisés dans le champ de l'électro-vibreur sont, tout comme les projectiles dont on recherche la position, soumis à un mouvement oscillatoire assez intense, et qui rend parfois très difficile le travail du chirurgien (¹). Or les actions mécaniques de l'électro-vibreur sont, soit électromagnétiques, soit électrodynamiques, en raison de la production des courants de Foucault; une pièce métallique sera donc à peu près soustraite à ces actions, si son métal est à la fois non magnétique et de haute résistivité.

Dans la série des alliages préparés par la Société de Commentry-Fourchambault et Decazeville et étudiés en collaboration avec l'un de nous, il s'en trouve plusieurs qui remplissent simultanément ces deux conditions.

Une catégorie est celle des alliages de fer et de nickel, à une teneur comprise entre 22 et 30 pour 100 de ce dernier métal, additionnés de chrome ou de manganèse, afin d'abaisser au-dessous des températures ordinaires le début de la transformation magnétique. Ces alliages, possédant une résistivité voisine de 90 microhms-cm, sont peu oxydables et d'un prix moyen. Malheureusement ils usent beaucoup les outils et obligeraient les fabricants à employer des méthodes de travail encore peu usuelles dans la branche chirurgicale.

Une autre catégorie est celle des alliages composés pour les $\frac{9}{10}$ environ de nickel, le reste étant constitué par du chrome, du manganèse et, éven-

(¹) J. Bergonié, *Vibrations provoquées par l'électro-aimant à courants alternatifs, dans les corps voisins non magnétiques* (*Comptes rendus*, t. 160, 1915, p. 781).

tuellement, un peu de cuivre. Un alliage de cette catégorie, connu sous le nom de *baros*, est employé, depuis quelques années, pour la confection des poids de précision. Cet alliage remplit au mieux toutes les conditions du problème qui nous occupe; il se travaille à peu près comme l'acier doux, est pratiquement inoxydable, mécaniquement très résistant, et n'éprouve aucune action perceptible dans le champ de l'électro-vibreur. Les instruments faits avec cet alliage par la maison Collin résolvent la dernière difficulté qui limitait jusqu'ici l'emploi de l'électro-vibreur.

Nous devons signaler que, en raison des difficultés de son obtention en masses compactes, cet alliage était resté à un prix difficilement abordable pour la présente application. Mais, en considération des services qu'il est appelé à rendre dans la chirurgie de guerre, la Société de Commentry-Fourchambault et Decazeville a consenti l'abandon de son stock à des conditions qui achèvent de résoudre pratiquement le problème.

L'essai des instruments non vibrants a été fait longuement à l'hôpital militaire de Grand-Lebrun et un peu partout. Il a été pleinement satisfaisant.

## CORRESPONDANCE.

M^lle **Ioteyko**, MM. **Daniel Bellet**, **Edm. Bordage**, **Chevreux**, **F. Garrigou**, **Ed. Lamy**, **Jacques de Lapparent**, **E. Prévot**, **H. Vallot** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

MM. **R. Bayeux**, **Lesage**, M. le **Président du Touring-Club de France** adressent des remercîments pour les subventions qui leur ont été accordées sur le *Fonds Bonaparte*.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Étude de l'intégrale générale de l'équation* (VI) *de M. Painlevé dans le voisinage de ses singularités transcendantes.* Note [1] de M. **René Garnier**, transmise par M. Hadamard.

1. Dans deux Notes précédentes [2], j'ai montré comment on peut construire, par approximations successives, une caractéristique quel-

---

(1) Séance du 24 juillet 1916.

(2) *Comptes rendus*, t. 162, 1916, p. 939, et t. 163, p. 8.

conque $\lambda(t)$ de l'équation (VI). Or, considérons dans le plan $T(=\log t_0^{-1} t)$ la région $\mathfrak{A}$, lieu des points T dont les arguments sont compris entre $\frac{\pi}{2}+\eta$ et $\frac{3\pi}{2}-\eta$ ($\eta$, nombre positif arbitrairement petit); en général, le développement qui représente une caractéristique de (VI) n'est valable que dans un secteur S de $\mathfrak{A}$ (nous dirons que S contient un *faisceau* de caractéristiques). D'autre part, nous savons que, T s'éloignant indéfiniment sur un rayon *quelconque*, $O\Delta$, de $\mathfrak{A}$, *toute intégrale* de (VI) peut être représentée sur $O\Delta$ par une caractéristique convenablement choisie; dès lors, il est impossible de ne pas se poser la question suivante :

Connaissant une caractéristique C de (VI), poursuivie le long d'un rayon arbitrairement choisi de $\mathfrak{A}$, *déterminer sur tous les rayons de* $\mathfrak{A}$ *toutes les caractéristiques de l'intégrale à laquelle appartient* C.

C'est ce prolongement analytique de la caractéristique initiale à travers $\mathfrak{A}$ qui constitue la dernière étape de notre problème et qui fait l'objet de la présente Note.

2. Je rappelle qu'une caractéristique, de première espèce, par exemple, et du type général, est déterminée par deux données initiales, dont l'une est la valeur limite $\alpha_0$, prise par $\alpha$ quand $|T|$ croît indéfiniment; je rappelle encore que nous avons posé $4a+4c+1-4\alpha_0=s^2$. Or, supposons que $s$ soit complexe et qu'aucune des quantités

$$s-\sigma=s\pm\sqrt{4(a+b+c+d+1)}\pm\sqrt{4b+1}$$

ne soit un entier réel; dans ce cas, le prolongement analytique résultera immédiatement de la remarque suivante :

Toute intégrale qui, sur un rayon $O\Delta$ de $\mathfrak{A}$, est représentée par une caractéristique (générale) de première espèce, dont l'exposant d'indétermination $\omega$ n'est pas nul, *peut également être représentée sur* $O\Delta$ *par une caractéristique de deuxième espèce;* or, les secteurs où convergent les deux faisceaux qui contiennent les caractéristiques précédentes *ne sont pas identiques;* ils présentent un secteur commun et *débordent* tous deux des deux côtés opposés du secteur. Dès lors, pour réaliser le prolongement cherché, il faudra *subdiviser* $\mathfrak{A}$ *en un certain nombre de secteurs, empiétant les uns sur les autres* et renfermant alternativement des faisceaux de première ou de deuxième espèce. Énonçons maintenant sous forme précise le résultat général auquel nous sommes ainsi conduits.

3. Choisissons pour $s$ la racine de $s^2$ dont la partie imaginaire a un coefficient positif; dans le plan $(s)$, marquons les points $s$, $s \pm 1$, $s \pm 2$, ..., que nous désignerons par $s_0$, $s_{\pm 1}$, $s_{\pm 2}$, ...; et soit $\delta_n$ la valeur, comprise entre o et $\pi$, de arg. $s_n$. Dans le plan (T) traçons les rayons $O\Delta_n$ d'arguments $\frac{3\pi}{2} - \delta_n$, et appelons $S_n$ le secteur de frontières $O\Delta_{n-1}$ et $O\Delta_{n+1}$. Les secteurs $S_{n-1}$ et $S_n$ empiètent l'un sur l'autre, tandis que $S_{n-1}$ et $S_{n+1}$ ont une frontière commune $O\Delta_n$, qui sera dite la *médiane* de $S_n$. Ceci posé, si notre intégrale est donnée par un faisceau de première espèce, convergeant dans $S_0$, par exemple, on pourra (pour $|t_0|$ assez petit) construire dans tous les secteurs $S_{2n-1}$ (ou $S_{2n}$) des faisceaux de deuxième (ou première) espèce, appartenant à la même intégrale et se recouvrant de proche en proche; et il suffira d'un nombre fini N de secteurs (mais croissant indéfiniment avec $\eta^{-1}$) pour représenter l'intégrale dans toute la région $\mathfrak{R}$.

Indiquons maintenant une propriété bien remarquable de cette intégrale : *Sur tout rayon intérieur à* $S_{2n}$, $\alpha$ *tend* (*pour* $|T| = \infty$) *vers une valeur* $\alpha_{0,2n}$ *telle que l'une des déterminations correspondantes de s soit précisément* $s_0 + 2n$. Ainsi, sur deux rayons situés de part et d'autre de la médiane de $S_{2n+1}$, $\alpha$ *tend vers deux valeurs distinctes;* au contraire, *sur la médiane*, $\alpha$ *est indéterminé* ([1]). Un énoncé analogue s'appliquerait à $\dot{\alpha}$ en échangeant les parités des indices. Quant à $\lambda$ tous les résultats énoncés à la fin de notre première Note peuvent être appliqués à l'intérieur de chacun des secteurs $S_{2n}$; et l'on étudierait aisément leurs frontières au moyen de caractéristiques de deuxième espèce. Enfin, pour $|T|$ assez grand, les conclusions précédentes s'appliquent sur un rayon d'origine quelconque du secteur $\mathfrak{R}$.

4. La représentation géométrique de $s$ conduit à des résultats intéressants concernant l'étude de $\lambda(t)$ *quand on fait varier les constantes d'intégration;* elle montre aussitôt les modifications qu'il faut apporter aux énoncés précédents quand $s$ tend vers une valeur réelle ou de la forme $\sigma +$ entier. Je dois me borner à cette indication; j'ajouterai pourtant que la théorie des approximations successives met à l'abri de toute objection toutes les conclusions relatives à la variation continue de $\lambda(t)$ par rapport aux conditions initiales.

---

([1]) J'indiquerai bientôt l'importance de cette remarque pour la solution du problème de Riemann.

5. Nous venons ainsi d'étudier, au voisinage d'une singularité non algébrique, toutes les intégrales d'une équation du second ordre, en général irréductible aux équations classiques. Il me paraît très vraisemblable que tous les résultats obtenus *s'étendent aux systèmes différentiels d'ordres* $2n$, qui généralisent (VI) et que j'ai formés dans ma Thèse (j'ai déjà obtenu pour ces systèmes les solutions qu'il faut adopter en première approximation). J'ajouterai enfin que les résultats précédents trouvent une confirmation remarquable dans le cas particulier suivant. Appelons $\varphi(u, t)$ la fonction elliptique de $u$ qui satisfait à l'équation $\varphi_u'^2 = 4\varphi(\varphi - 1)(\varphi - t)$, et soit $\omega_1(t)$, $\omega_2(t)$ un couple de périodes primitives de $\varphi$; l'équation (VI) obtenue (1) en prenant $a = b = c = d = -\frac{1}{4}$ admet précisément pour intégrale générale $\lambda = \varphi(A_1\omega_1 + A_2\omega_2, t)$, où $A_1$ et $A_2$ sont les constantes arbitraires. *La théorie des fonctions elliptiques fournit alors sur cet exemple une vérification directe et complète de l'étude qui vient d'être faite.*

ASTRONOMIE. — *De l'influence de Vénus sur la latitude héliographique moyenne des taches solaires.* Note (2) de M. **Henryk Arctowski.**

Dans une courte Notice, parue en 1867, Warren de La Rue, Stewart et B. Lœwy ont signalé le fait que, lorsque Vénus traverse l'équateur solaire, les taches solaires ont une tendance à se grouper près de l'équateur, tandis qu'elles s'en éloignent davantage lorsque la planète passe dans l'un ou l'autre hémisphère (3). Il semble que le travail détaillé concernant cette remarque n'a jamais été publié et, d'après ce qui suit, il semble aussi que les choses se passent un peu autrement que Warren de La Rue ne l'a supposé.

Récemment, F.-J.-M. Stratton a examiné la question à nouveau (4). Mais Stratton a simplement comparé la fréquence des taches observées dans l'un et l'autre hémisphère solaire suivant que la planète se trouve au nord ou au sud de l'équateur et, de par ce fait, n'ayant pas pris en considération la possibilité de l'existence d'un retard de l'effet par rapport à la cause, les

(1) Elle est identique à celle que M. Picard a formée dans son Mémoire du *Journal de Liouville* (4e série, t. 5, 1889, p. 298-300).

(2) Séance du 24 juillet 1916.

(3) *Phil. Mag.*, 4e série, t. 33, p. 79.

(4) *M. N. Roy. Astron. Soc.*, t. 72, 1912, p. 23.

résultats de ses calculs ne peuvent pas être considérés comme étant concluants.

Si l'influence des planètes sur l'atmosphère solaire peut être attribuée à une simple action de masse, l'effet de Vénus semble devoir être à peu près double de celui de la Terre.

Ayant constaté que la Terre produit, dans le cours de sa rotation autour du Soleil, un déplacement sensible de la latitude moyenne des taches, il m'a paru nécessaire de vérifier le fait pour Vénus.

Les chiffres utilisés sont les latitudes moyennes des taches relatées, par rotations solaires, dans les résultats des observations héliographiques de Greenwich.

J'ai fait d'abord une première série de calculs en prenant comme chiffre initial les moyennes des rotations dont la date du commencement ne différait pas plus de 5 jours de la date du nœud ascendant.

A cette date, à moins de 2 jours près, Vénus passe au nœud descendant de l'équateur solaire.

Les observations de Greenwich de 1874 à 1913 fournissent 20 séries de chiffres utilisables.

Les moyennes sont :

$$-3^\circ{,}6,\quad -2^\circ{,}6,\quad 0^\circ{,}0,\quad +2^\circ{,}4,\quad -0^\circ{,}1,\quad -2^\circ{,}7,\quad -2^\circ{,}4,\quad -4^\circ{,}7.$$

Traduits graphiquement, ces chiffres donnent une courbe suffisamment régulière pour qu'il soit admissible que la différence de 7° entre le maximum et le minimum puisse être attribuée à l'action de Vénus. Mais ce n'est pas lorsque Vénus se trouve par la latitude solaire la plus boréale que la latitude moyenne des taches est la plus positive, mais environ cinq rotations solaires plus tard. Il en est de même du minimum. Dans ces conditions il serait difficile de décider si l'action de Vénus est directe ou inverse.

J'ai refait les calculs en admettant une approximation de 10 jours en plus ou en moins pour le chiffre initial.

Les moyennes des 54 séries utilisables sont :

$$-1^\circ{,}9,\quad -3^\circ{,}1,\quad -0^\circ{,}9,\quad -0^\circ{,}3,\quad -1^\circ{,}4,\quad -1^\circ{,}4,\quad -1^\circ{,}9,\quad -1^\circ{,}9.$$

La courbe qui représente ces chiffres graphiquement ressemble à la précédente, mais, comme on devait s'y attendre, son amplitude est moindre.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Oxalates d'uranyle et de potassium.*
Note [1] de M. **A. Colani**, présentée par M. A. Haller.

On connaît trois combinaisons de l'oxalate d'uranyle avec l'oxalate de potassium. Ce sont :

1° $K^2(UO^2)^2(C^2O^4)^3, 4H^2O$ décrite par Rosenheim et Lienau [2] et par Wyrouboff [3]; antérieurement Lienau [4] lui avait attribué $3,5H^2O$.

2° $K^2(UO^2)(C^2O^4)^2, 3H^2O$ préparée par Ebelmen [5], puis par Wyrouboff. Rosenheim et Lienau ont obtenu un composé de même formule, mais à $3,5H^2O$.

3° $K^6(UO^2)^2(C^2O^4)^5, 10H^2O$ décrite par Ebelmen puis par Wyrouboff, et que Rosenheim et Lienau n'ont pu reproduire.

Ces corps ont été en général obtenus en dissolvant soit l'oxalate d'uranyle dans une solution d'oxalate neutre de potassium, soit l'hydrate uranique dans une solution d'oxalate acide de potassium, filtrant et faisant cristalliser dans des conditions plus ou moins bien déterminées. Il y a un peu d'incertitude sur l'eau d'hydratation de ces combinaisons, car les analyses en sont assez délicates.

L'étude du système (eau, oxalate d'uranyle, oxalate neutre de potassium) permet de reproduire ces divers corps et montre dans quelles conditions ils se forment. Mes déterminations ont été faites à 15° et à 50°; elles sont résumées dans le Tableau suivant, où je n'ai fait figurer que les points de transformation.

Tous les chiffres exprimés en grammes de sel anhydre sont rapportés à 100g de solution.

| | Solution | | |
|---|---|---|---|
| | $UO^2C^2O^4$. | $K^2C^2O^4$. | Phase solide. |
| | **Température : 15°.** | | |
| *a* | 0,47 | 0 | |
| | | | $UO^2C^2O^4, 3H^2O$ |
| *b* | 1,34 | 0,42 | |
| | | | $K^2(UO^2)^2(C^2O^4)^3, 4H^2O$ |
| *c* | 3,89 | 1,83 | |
| | | | $K^2(UO^2)(C^2O^4)^2, 3,5H^2O$ |
| *d* | 3,76 | 1,85 | |
| | | | $K^6(UO^2)^2(C^2O^4)^5, 10H^2O$ |
| *e* | 0,10 | 24,30 | |
| | | | $K^2C^2O^4, H^2O$ |
| *f* | 0 | 24,09 | |

[1] Séance du 24 juillet 1916.
[2] Rosenheim (et Lienau), *Zeitschr. anorg. Chem.*, t. 20, 1899, p. 281.
[3] Wyrouboff, *Bull. Soc. fr. Minéral.*, t. 32, 1909, p. 351.
[4] Lienau, *Inaug. Diss.*, Berlin (Leipzig), 1898.
[5] Ebelmen, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 3e série, t. 5, 1842, p. 200.

Température : 50°.

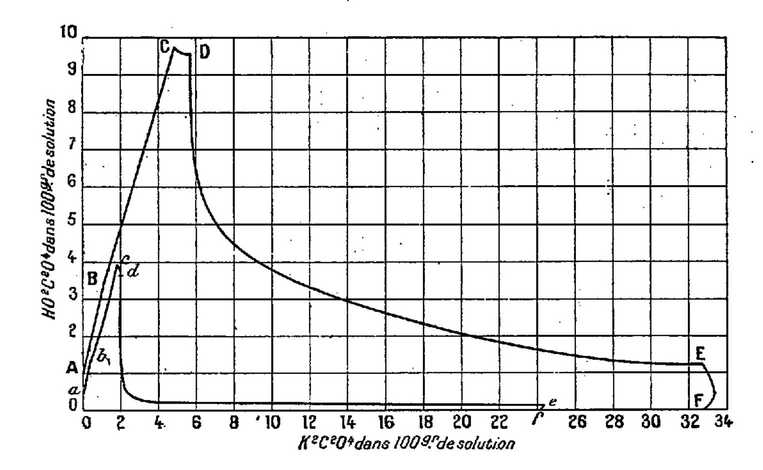
| | Solution $UO^2C^2O^4$. | Solution $K^2C^2O^4$. | Phase solide. |
|---|---|---|---|
| A. | 1,00 | 0 | $UO^2C^2O^4, 3H^2O$ |
| B. | 3,45 | 1,11 | $K^2(UO^2)^2(C^2O^4)^3, 4H^2O$ |
| C. | 9,82 | 4,83 | $K^2(UO^2)(C^2O^4)^2$ |
| D. | 9,59 | 5,61 | $K^6(UO^2)^2(C^2O^4)^5, 10H^2O$ |
| E. | 1,22 | 32,65 | $K^2C^2O^4, H^2O$ |
| F. | 0 | 32,75 | |

Ces Tableaux mettent en évidence l'existence du sel anhydre

$$K^2(UO^2)(C^2O^4)^2$$

non encore obtenu; l'hydrate à $3H^2O$ de ce corps ne se forme pas à la température ordinaire, mais il existe peut-être au-dessous de 50°.

Les courbes représentatives de ce système nous montrent un accroissement considérable et immédiat de la solubilité de l'oxalate d'uranyle dans




l'oxalate de potassium; c'est un fait général : en étudiant les systèmes tels que eau, oxalate d'uranyle, oxalate neutre alcalin ou alcalino-terreux, ou même acide oxalique, j'ai constaté une augmentation immédiate de solubilité de l'un au moins des deux constituants. Ceci indique la formation de molécules complexes. Pourtant, dans aucune des combinaisons avec l'oxalate de potassium, le radical uranyle ne semble bien dissimulé. Les solutions d'oxalates d'uranyle et de potassium, même en présence d'un très large excès d'oxalate de potassium, pouvant aller jusqu'à la saturation, donnent encore des caractères analytiques des sels d'uranyle : elles précipitent par

l'ammoniaque, les alcalis caustiques, se colorent en brun par le ferrocyanure de potassium; la précipitation par l'eau oxygénée est très lente; les phosphates alcalins donnent peu ou pas de précipité. Chimiquement nous pouvons donc considérer ces solutions plutôt comme des sels doubles. Ceci concorde avec les travaux de M. Pascal (¹) : d'après cet auteur, dans les complexes minéraux dérivés de l'uranyle, il n'y a que les combinaisons du type $[UO^2X^6]M^4$ (qui n'existe pas dans le système étudié) dans lesquelles les réactions de l'uranium soient complètement masquées.

CHIMIE. — *Sur la composition et l'emploi du feu grégeois.* Note (²) de M. C. **Zenghelis**, transmise par M. Georges Lemoine.

Berthelot (³), après une étude approfondie des matières incendiaires connues et préparées par les anciens, a fini par démontrer que le secret de la préparation du feu grec ou grégeois consistait dans l'addition du nitre aux mélanges incendiaires connus. Après Berthelot, Lippmann et Diels ont traité de nouveau cette question.

Lippmann en parle dans une étude concernant l'histoire de la poudre (⁴). Mais dans son zèle à démontrer que la poudre ou du moins son usage à la guerre, ainsi que l'usage des canons, sontu ne invention allemande, il repousse toute source historique opposée et il parvient à une explication peu soutenable. Sa conclusion est que les principaux constituants du feu grégeois étaient des espèces de pétrole, ou de solutions de goudron, de résine, de poix, etc. dans le pétrole mélangées avec de la chaux vive. « A l'effet de l'inflammation de ce mélange jeté en mer, par le seul contact de l'eau, s'ajoutait, dit Lippmann, l'effet moral, l'épouvantable panique causée par l'idée que l'ennemi était secouru par des forces surnaturelles et diaboliques. »

Outre que le seul effet moral ne peut expliquer les incendies et les catastrophes décrites par les chroniqueurs byzantins, dans la *Tactique de guerre* de Léon, l'usage de la chaux dans les combats navals est clairement distinct de l'emploi du feu grégeois (⁵).

---

(¹) Pascal, *Comptes rendus*, t. 157, 1913, p. 932.

(²) Séance du 24 juillet 1916.

(³) Berthelot, *Les compositions incendiaires dans l'antiquité et au moyen âge* (*Revue des Deux Mondes*, t. 106, 1891, p. 787).

(⁴) Lippmann, *Abhandlungen und Vorträge zur Gesch. der Naturwiss*, 1906, p. 125.

(⁵) *Mign. Patrol.*, 107, 991, Ordre 19', § 6, νδ'.

Diels (¹), au contraire, repousse l'explication de Lippmann et, conformément à Berthelot, exprime l'idée que le feu grégeois doit être regardé comme le précurseur de la poudre (¹).

Le seul argument de Lippmann contre cette opinion est que le nitre était inconnu des Byzantins, le mot Νίτρον mentionné par Pline et Dioscoride n'étant que le carbonate de soude. Mais Lippmann même, dans une de ses publications chimico-historiques faite 5 ans plus tôt, fait mention du passage suivant de Pline (²) : « Une espèce de nitron se trouve comme une efflorescence sur les murs humides; elle a plusieurs applications à la médecine et c'est *un engrais efficace et fertilisant.* » Il ne s'agit sûrement pas ici du carbonate.

Marcus Græcus, dans son célèbre Ouvrage *Liber ignium ad comburendos hostes*, renferme des recettes de compositions incendiaires à base de nitre et presque tout à fait pareilles à la poudre noire. Lippmann cherche à passer outre en avançant la date dudit Ouvrage à l'an 1250. Pourtant il est démontré, entre autres par Krumbacher (³), que ce Livre a été écrit pendant le IXᵉ siècle au plus tard.

Mais est-ce que tout le secret consistait dans la préparation de la poudre incendiaire? L'étude des sources historiques qui décrivent son usage et ses effets nous persuadent que non ; l'autre partie du secret, et non la moins importante, est la manière de son emploi à la guerre.

La première mention du feu grégeois a été faite par le chroniqueur Théophane (741-774). Elle se rapporte à la victoire de Constantin Pogonatos (672) entre la flotte des Arabes. Voici le passage. « C'est alors que Callinicus, architecte d'Héliopolis de Syrie, réfugié auprès des Romains (Byzantins), ayant inventé un feu marin, incendia les navires des Arabes et les brûla entièrement avec leurs équipages (⁴). »

En ce qui concerne son emploi en guerre, nous apprenons par l'étude de la *Tactique de guerre* de Léon (⁵), Ouvrage classique sur l'art de guerre chez les Byzantins, d'une authenticité indiscutable : 1° qu'on le lançait au moyen de longs tubes en cuivre aboutissant à la proue du bateau; 2° que son lancement était accompagné par un bruit de tonnerre et par la fumée qui

---

(¹) DIELS, *Antike Technik*, 1914, p. 98.

(²) LIPPMANN, *Abhandlungen*, etc., p. 13.

(³) KRUMBACHER, *Geschichte der byzant. Litteratur*, II. Auf., 1897, p. 636.

(⁴) THÉOPHANE, 542, l. γ.

(⁵) Λέοντος τακτική (*Mign. patrol.*, Ordre 19, § 6, or'., f'., με'., να'., νδ'., ιμ'., νη').

sortait des *avant-feu* (1) de l'appareil; 3° qu'on se servait des différents mélanges incendiaires lancés contre l'ennemi par différents instruments de guerre.

Le fait que le lancement du feu était accompagné par un bruit de tonnerre et par la fumée sortie du devant de l'appareil, présuppose une explosion dans le tube et le lancement violent d'un projectile qui, dans ce cas, était le feu incendiaire qui se mettait en feu en même temps par la poudre explosive (2).

Léon ne veut pas donner d'autre explication sur cette manœuvre soigneusement gardée comme secret impérial.

Il n'y a qu'Anna Comnène qui raconte à ce propos qu'un seul homme suffisait pour le lancement du feu, et ailleurs que le lancement se faisait par les Στρεπτά (appareil tournant).

Qu'un seul homme était chargé de cette manœuvre indique que la manœuvre même était gardée secrète et qu'elle n'avait pas lieu par le moyen de la pompe, comme plusieurs le prétendent, ce qui exige le travail de plusieurs personnes.

Nous croyons que de ce qui précède il résulte que le secret du feu grec ou grégeois consistait dans la préparation de mélanges explosifs et incendiaires à base de nitre et que la force impulsive des gaz produits par la partie explosive servait à lancer contre l'ennemi l'autre partie incendiaire (3).

Il est donc juste qu'on reconnaisse l'ingénieur Callinicus comme l'inventeur de la poudre et du canon primitif.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Influence des algues des filtres à sable submergé dans l'épuration des eaux.* Note de MM. **F. Diénert** et **L. Gizolme**, présentée par M. L. Maquenne.

L'un de nous a montré dans une précédente Note (4) que la réduction d'alcalinité constatée dans les eaux après leur passage à travers un filtre

(1) καπνοῦ προπὺρου et ailleurs καπνοῦ τῶν προπὺρων (*Ibid.*, να).

(2) Berthelot ne repousse pas une telle explication (voir *Les compositions incendiaires*, p. 804).

(3) Pour une description plus détaillée des arguments sur lesquels ces conclusions s'appuient, voir notre Mémoire en grec : *Sur le feu fluide ou feu grec* (*Annuaire du Syllogue Lit. Parnassos*, 1915, p. 81-100).

(4) L. Gizolme, *Comptes rendus*, t. 161, 1915, p. 313.

submergé est fonction de l'activité chlorophyllienne des algues qui se développent à la surface du filtre.

Il était intéressant de rechercher s'il y a une relation entre l'épuration bactérienne des eaux filtrées et la vitalité, accusée par la réduction d'alcalinité de l'eau, de la couche biologique formée par ces algues.

Dans le Tableau I nous relatons un certain nombre de résultats intéressants obtenus à la station filtrante d'Ivry.

TABLEAU I.

| 1915-1916 : | Avril. | Mai. | Juin. | Juillet | Août. | Sept. | Oct. | Nov. | Déc. | Janv. | Févr. | Mars. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Éclairement (¹) | 17,0 | 22,4 | 23,5 | 26,7 | 21,3 | 17,0 | 7,3 | 3,5 | 2,0 | 2,7 | 5,4 | 10,5 |
| Réduction d'alcalinité de l'eau (moyenne journalière en milligr. CaO par litre) | 6,2 | 9,2 | 9,0 | 9,0 | 7,2 | 6,7 | 4,3 | 2,2 | 2,0 | 3,4 | 3,1 | 4,5 |
| Recherche du *B. coli;* nombre de résultats positifs sur 1000 essais d'eau filtrée | 75 | 35 | 55 | 38 | 64 | 120 | 123 | 200 | 320 | 240 | 387 | 318 |
| Durée de la maturation des filtres (en jours) | 5,7 | 3,7 | 6,3 | 4,1 | 6,1 | 9,0 | 9,6 | 13,7 | 15,8 | 12,2 | » | 13,5 |

Ainsi que nous l'avons déjà signalé, plus l'éclairement est élevé, plus la diminution du carbonate de chaux de l'eau, mesure de l'activité chlorophyllienne des algues est grande.

En ce qui concerne l'épuration, on constate qu'en été, à une forte réduction de l'alcalinité correspond une petite quantité de *Bacterium coli* (²) dans l'eau filtrée. Au fur et à mesure que la réduction d'alcalinité baisse, en hiver, le nombre des *B. coli* augmente. En portant en ordonnées les nombres de recherches positives de *B. coli* dans l'eau filtrée, et dans le sens négatif les réductions d'alcalinité correspondantes, on obtient deux graphiques sensiblement parallèles qui montrent l'étroite relation existant entre l'activité chlorophyllienne des algues et l'épuration bactérienne de l'eau par les filtres submergés.

L'importance de la membrane biologique se manifeste nettement après le nettoyage du filtre, consistant en l'enlèvement de cette couche superficielle encrassée, ainsi qu'en témoignent les résultats suivants obtenus en octobre 1915 sur l'eau issue du filtre n° 19 d'Ivry.

(¹) Chiffres fournis par le Service météorologique de la Ville de Paris, d'après les indications du radiomètre vaporisateur.

(²) C'est l'absence du *B. coli*, très abondant dans l'eau de rivière, qu'on prend, en général, comme critérium de l'épuration.

TABLEAU II.

| | Réduction d'alcalinité de l'eau (en milligrammes CaO par litre). | Résultat de la recherche du *B. coli*. | Nombre otal de germes au centimètre cube (1). |
|---|---|---|---|
| 1er jour de marche...... | 1 | positif | 650 |
| 2e » » ...... | 2 | » | 220 |
| 3e » » ...... | 2 | » | 110 |
| 4e » » ...... | 3 | » | 59 |
| 5e » » ...... | 4 | négatif | 10 |
| 6e » » ...... | 4 | » | 7 |
| 7e » » ...... | 4 | » | 6 |
| 8e » » ...... | 4 | » | 8 |

La membrane de diatomées se reforme peu à peu. L'alcalinité de l'eau filtrée diminue progressivement; en même temps le *B. coli* disparaît et le nombre total des germes est réduit aux chiffres minima quand la réduction de l'alcalinité atteint son maximum.

Ce n'est qu'après trois résultats négatifs consécutifs dans la recherche journalière du *B. coli* que l'eau filtrée est utilisée. Jusqu'alors le filtre est dit *en maturation*. On voit sur le Tableau I que le filtre mûrit d'autant plus vite que la réduction d'alcalinité de l'eau est plus forte, c'est-à-dire que, sous l'influence de la lumière, l'activité des algues est plus grande.

Enfin, la réduction de la matière organique en solution suit une marche analogue. La filtration diminue la matière organique de 45 pour 100 en été (du 1er mai au 31 août) et de 28 pour 100 seulement en hiver (du 1er novembre au 29 février). Aux mêmes époques l'alcalinité de l'eau baisse de $8^{mg},6$ et de $2^{mg},6$ de CaO par litre.

Tout ce qui peut modifier la vitalité des algues doit influer sur le pouvoir épurateur des filtres. Ainsi, il est d'autant plus élevé que l'eau admise sur les filtres est plus claire, car l'activité chlorophyllienne croît avec la transparence de l'eau. D'autre part, nous avons observé une diminution de la réduction d'alcalinité de l'eau et en même temps de l'activité épuratrice de la couche biologique à la suite d'un déversement en Seine d'eaux industrielles nocives pour les poissons. Nous avons constaté également que de faibles traces d'hypochlorite de soude suffisent pour troubler le fonctionnement des filtres.

(1) La teneur moyenne de l'eau brute pendant cette période était de 7800 germes au centimètre cube.

Il résulte de ces observations que le pouvoir épurateur des filtres submergés non couverts, fonction du développement et de la vitalité des algues, peut être mesuré par la réduction de l'alcalinité de l'eau. Il y a là un moyen de contrôle rapide de la marche des filtres qui éclaire et complète les résultats de l'analyse bactériologique.

## ÉNERGÉTIQUE BIOLOGIQUE. — *Trottoir dynamographique.* Note de M. **Jules Amar**, présentée par M. Dastre.

Deux raisons m'avaient conduit à établir, voici un an déjà, un système de plancher ou *trottoir* pouvant transmettre et ainsi permettre d'enregistrer les mouvements et les efforts des jambes dans la locomotion.

D'une part, j'avais à étudier la *marche pathologique*, et les progrès que telle ou telle méthode de rééducation pouvait y réaliser; d'autre part, il était devenu nécessaire de pouvoir contrôler, *indiscutablement*, les avantages ou les inconvénients des nombreux modèles de *jambes artificielles* soumis à l'examen du Service de Santé.

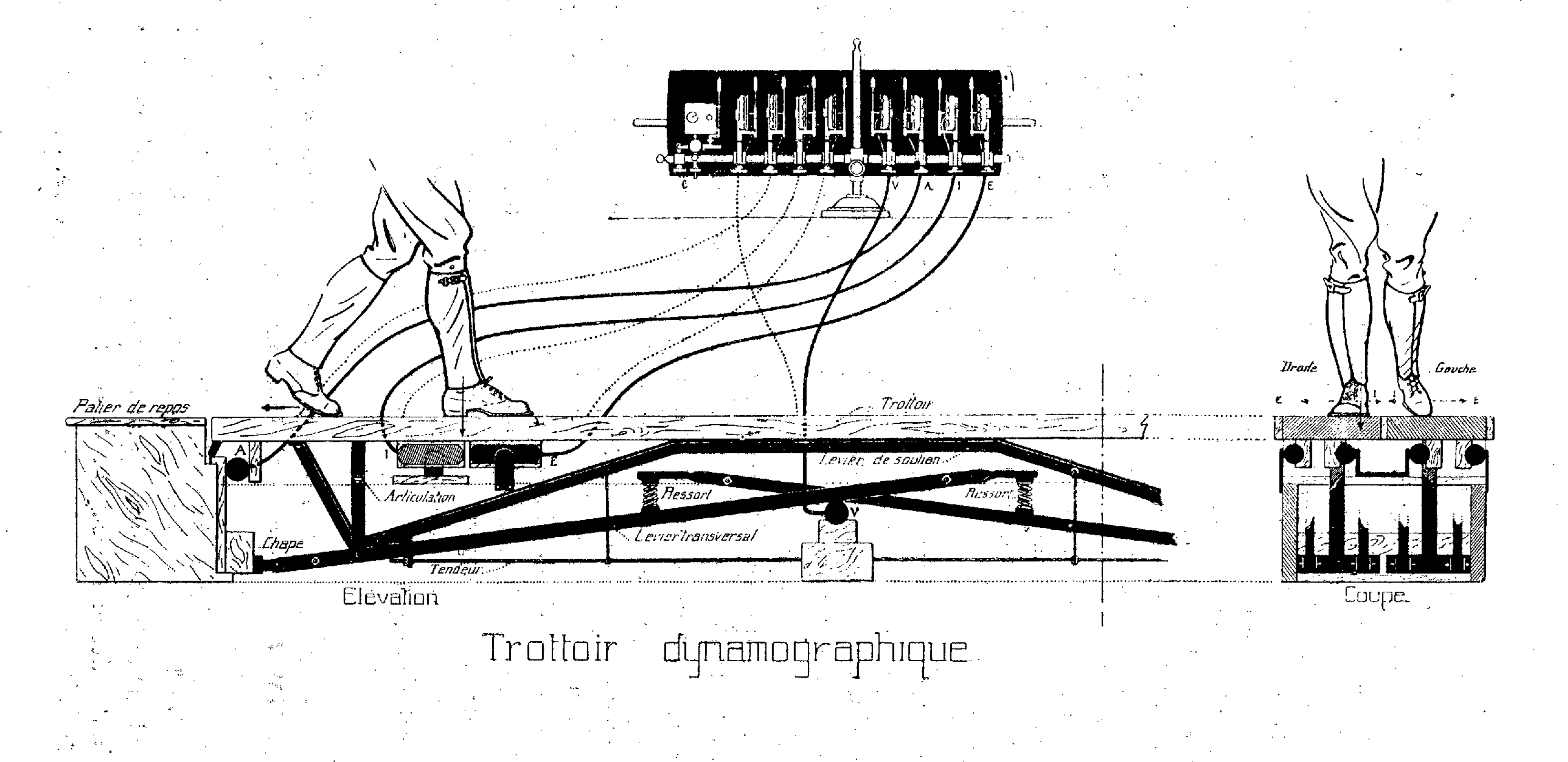
Dans les circonstances envisagées, l'expérimentation scientifique, rigoureuse et impartiale, devait être le seul guide. Je conçus donc l'idée d'un *trottoir dynamographique* double, enregistrant les phases du mouvement de la jambe saine, et celles de la jambe malade ou artificielle. Les amputations doubles, les impotences atteignant les deux membres inférieurs, donnent lieu à des observations qui s'éclairent en les confrontant avec des observations sur l'homme normal.

L'objet de la présente Note est simplement de décrire l'appareil (¹).

Le trottoir dynamographique est constitué par deux plates-formes en bois, parallèles et semblables, couvrant chacune un même dispositif mécanique d'enregistrement enfermé dans une caisse également en bois. Un palier de repos le termine à chaque extrémité, et l'ensemble présente les dimensions moyennes suivantes : longueur, $3^m$; largeur totale, $0^m,50$; hauteur, $0^m,30$.

Le dispositif mécanique est formé de leviers en fer forgé, dont la section a $40^{mm}$ sur $10^{mm}$. Ils sont placés par paires dans le coffre et se croisent en leur milieu. Chaque levier se fixe d'un côté par une articulation à chape, et de l'autre il prend contact avec

(¹) Les notions théoriques et pratiques se rapportant à cet appareil, et au problème de la rééducation et de la prothèse, figurent en détail dans un volume : *Organisation physiologique du travail*, in-8° de 375 pages et 126 figures, préface de Léon Bourgeois, ministre d'État (Paris, édition Dunod et Pinat).




Trottoir dynamographique

un ressort à boudin qui appuie sur le levier opposé. C'est donc une pression réciproque et parfaitement répartie. Huit ressorts agissent de même à l'intérieur du trottoir, quatre par plate-forme et symétriquement placés.

Aux points de croisement, les leviers sont tangents à une petite poire en caoutchouc reliée à un tambour inscripteur. Les ressorts ont une force de $20^{kg}$ pour un raccourcissement de $10^{mm}$.

Des montants verticaux en acier, ayant $30^{mm}$ sur $8^{mm}$, sont brasés sur les leviers et soutiennent le plancher. Celui-ci est entièrement mobile dans son plan horizontal, par suite de son mode de suspension. Il est, en effet, supporté par un système articulé qui assure son déplacement antéro-postérieur et latéral, dans les deux sens. Et, dans ces trois déplacement différents, il rencontre de petites poires en caoutchouc pour l'enregistrement.

La résistance de ce dispositif est garantie contre toute flexion excessive par des arcs-boutants en fer à T qui longent la surface interne du plancher; ils ont une section de $50^{mm}$ sur $30^{mm}$ et occupent toute la longueur du coffre. Un tendeur, fixé par des boulons réglables, les consolide inférieurement (voir la figure).

Mouvements et forces enregistrés sont donc au nombre de huit, soit quatre par jambe : pression verticale, impulsion en arrière de la jambe qui quitte le trottoir, poussées latérales interne et externe du pied. Au moyen de tubes de caoutchouc les pressions sont transmises à des tambours inscripteurs placés devant un cylindre à rotation rapide, marchant à poids. On obtient, de chaque type de marche, un tracé d'une remarquable clarté. Car l'appareil est calculé pour avoir la sensibilité convenable; il est, en outre, très fidèle, et, dans aucun cas, il ne fausse ni ne gêne les conditions qu'aurait la marche sur un plancher ordinaire.

L'inscription du temps complète cette analyse physiologique. Faire la rééducation locomotrice des blessés, corriger les mauvaises démarches, établir le diagnostic des impotences et en suivre l'évolution, c'est l'un des buts de l'emploi du trottoir dynamographique. Mais il en a un second plus important: c'est le contrôle des défauts que les appareils de prothèse du membre inférieur entraînent dans l'exécution du *pas*, et qui ont, parfois, un retentissement fâcheux sur l'état fonctionnel des moignons.

HYGIÈNE. — *Pour chasser les mouches de nos habitations.*
Note de MM. C. **Galaine** et C. **Houlbert**, présentée par M. Ed. Perrier.

Le Service de Santé vient de faire passer, dans les hôpitaux, la circulaire annuelle relative à la destruction des mouches. Tout le monde est d'accord pour reconnaître qu'aux mesures offensives de destruction il faut ajouter des mesures de protection.

Notre collaborateur, M. I. Pouillaude, écrivait l'année dernière dans *Insecta* (1915, p. 436) : « Lorsqu'on est placé près d'une fenêtre ouverte, on voit très bien les entrées et les sorties continuelles des mouches; mais comme la destruction à l'intérieur des appartements ne diminue que les sorties, il faut donc chercher à empêcher les entrées. » Ces remarques sont très justes; mais ne pourrait-on pas aussi chercher *à augmenter les sorties?* Là est, à notre avis, l'une des meilleures solutions du problème des mouches dans les habitations. On sait qu'on arrive à diminuer les entrées en garnissant les fenêtres de toiles métalliques et que ce procédé gagne en efficacité lorsqu'on parvient à maintenir en même temps dans les pièces une demi-obscurité. Comment donc alors augmenter les sorties?

Nous avons remarqué que la plupart des couleurs simples du spectre produisent sur les mouches à peu près les mêmes effets que l'obscurité complète; à la suite de nombreuses expériences, nous sommes arrivés aux conclusions suivantes : en ce qui concerne la lumière transmise (par transparence), l'œil des mouches ne perçoit bien que la lumière blanche; il n'est pas impressionné du tout par les radiations les plus réfrangibles, violet et indigo; il semble l'être un peu, mais *désagréablement,* par les radiations bleues et vertes; les jaunes et les orangées sont mieux tolérées; quant aux couleurs rouges, elles agissent comme l'obscurité. Nous avons donc la conviction que, pour les mouches, la partie visible du spectre ne comprend que la gamme des radiations qui s'étendent du vert jusqu'à l'orangé clair et que, pratiquement, l'œil de ces insectes peut être considéré comme daltonien.

*Expérience.* — Dans une chambre éclairée par une seule fenêtre, nous avons remplacé les vitres de verre blanc par des carreaux bleus assez clairs; un carreau mobile, formant volet, reste ménagé à la partie supérieure de la fenêtre et permet de faire arriver la lumière blanche à volonté. Après avoir attiré un grand nombre de mouches du dehors à l'aide de substances odorantes, la fenêtre étant maintenue ouverte, fermons celle-ci brusquement. Les mouches ainsi enfermées manifestent d'abord une certaine inquiétude, puis bientôt *elles deviennent inactives, comme dans l'obscurité.* Si alors on ouvre le volet, on les voit fuir, en un temps très court, par le faisceau de lumière blanche qui pénètre dans la pièce.

La même expérience, réalisée avec des carreaux verts, donne des résultats identiques. Avec des carreaux jaunes, les sorties sont moins nombreuses; cependant, une grande quantité de mouches retournent encore vers le dehors.

Il est facile de saisir l'importance pratique de ces observations. Lorsqu'on dispose d'un éclairage unilatéral, condition souvent réalisée dans les hôpitaux, les habitations particulières, les ateliers, les magasins, etc., il

suffira de garnir les fenêtres de carreaux bleus, en ménageant des volets mobiles de place en place. Les mouches n'entreront pas; quant à celles qui sont entrées, pendant les instants où l'on aura fait l'aération, ou bien elles deviendront inactives ou sortiront rapidement par les volets mobiles, dès qu'on aura fermé les fenêtres.

Dans les pièces éclairées par un ensemble d'ouvertures opposées, on garnira de même toutes les fenêtres de carreaux bleus; on aura seulement soin, dans ce cas, de maintenir les fenêtres fermées d'un côté pendant qu'elles seront ouvertes de l'autre. Les mouches du dehors ne voyant, vers l'intérieur, que la lumière bleue, n'entreront pas; celles qui entrent malgré tout rebroussent chemin presque aussitôt du côté de la lumière blanche. Par ce moyen on se préserve des mouches tout en ménageant la circulation de l'air pur dans les habitations, ce qui est indispensable en été.

Les carreaux de verre bleu ont encore un autre avantage; comme ils arrêtent la plus grande partie des radiations calorifiques, ils maintiennent, à l'intérieur des pièces, une température relativement fraîche, ce qui n'est pas à dédaigner pendant la saison chaude.

Toutefois, comme les carreaux bleus diminuent sensiblement l'éclairage, nous conseillons de remédier à cet inconvénient à l'aide d'un mélange de carreaux bleus, verts, jaunes et même rouges [1]; on réalisera ainsi des mosaïques lumineuses, aussi artistiques qu'on voudra, agréables à l'œil et qui, pratiquement, donneront à peu près les mêmes résultats que les carreaux uniquement bleus. On se placera ainsi dans les conditions réalisées dans les églises où, comme on le sait, du fait de la fraîcheur et de l'obscurité, les mouches sont toujours peu actives et en petite quantité. Pour augmenter l'efficacité des volets de sortie dans les endroits mal éclairés, on disposera au dehors un miroir convexe, orienté de manière à lancer dans la pièce un faisceau divergent de lumière blanche; au fur et à mesure que les mouches dans leur vol traverseront ce faisceau, elles seront comme aspirées vers le dehors.

Dans les magasins de comestibles, les restaurants, les confiseries, les fruiteries, etc., il sera bon qu'un règlement d'administration intervienne pour obliger à tenir toutes les substances alimentaires enfermées dans des compartiments vitrés où ne pénètre que la lumière bleue.

Les expériences que nous avons réalisées nous permettent d'expliquer le rôle des rideaux japonais, formés de billes de verre colorées, séparées

---

(1) Les couleurs bleues et vertes doivent toujours dominer.

par de petits tubes de bois peints et suspendus dans les embrasures des charcuteries et des pâtisseries. Ces rideaux laissent pénétrer l'air; les mouches sortent par les petits espaces libres qui séparent les chapelets, mais ne rentrent pas.

En combinant rationnellement les moyens de protection que nous venons d'indiquer, avec tous les autres qui sont déjà connus, on arrivera à empêcher le séjour des mouches dans les habitations, sans compromettre sensiblement l'éclairage et l'aération.

Malgré les petits inconvénients qui peuvent en résulter, nous estimons que l'application de notre procédé devra être rendue obligatoire dans tous les endroits publics où la contamination des aliments par les mouches constitue un danger permanent pour la santé publique. Diminuer le nombre des mouches et diminuer leur activité, c'est diminuer le danger de propagation des maladies par ces insectes.

ALIMENTATION. — *Sur un procédé de conservation du pain destiné particulièrement aux prisonniers de guerre.* Note (1) de M. **E. Fleurent**, présentée par M. Th. Schlœsing fils.

Dans une précédente Communication (2) j'ai fait connaître un procédé permettant de conserver le pain de fabrication ordinaire pendant un temps suffisamment prolongé pour qu'il puisse parvenir en bon état aux prisonniers français détenus dans les camps allemands. A cette époque la valeur de ce procédé n'était fondée que sur des expériences personnelles. Il a reçu aujourd'hui la consécration de la pratique, et cette Note n'a d'autre but que de faire connaître, en quelques mots, les conclusions que celle-ci a permis de tirer de cette application.

Tout d'abord, le procédé fut soumis au contrôle de M. Eugène Roux, directeur du Service de la répression des fraudes au Ministère de l'Agriculture, et ce dernier fit connaître, par la voie de la presse, son efficacité, levant ainsi pour son emploi public les interdictions imposées par certains abus. Dès lors, un certain nombre de boulangeries de Paris et de province préparèrent journellement du pain, soit pour leur clientèle, soit pour des œuvres s'intéressant directement aux prisonniers français. J'ai recueilli

(1) Séance du 24 juillet 1916.

(2) *Comptes rendus*, t. **161**, 1915, p. 55.

ainsi, par quelques-uns de ces intermédiaires, un volumineux dossier dont j'extrais principalement les observations suivantes :

Une boulangerie de province a préparé, par exemple, 2300 pains; une autre 1870. Deux boulangeries parisiennes ont fabriqué ensemble 41 100 pains de $1^{kg}$ dont le prix de vente n'a pas dépassé $0^{fr},65$. Le papier d'emballage était généralement du papier jaune clair, fait d'un mélange de cellulose chimique et de bois mécanique avec encollage ordinaire à la fécule. J'ai observé que ce papier sortait de l'opération de recuisson au four avec une odeur fort agréable due à la formation de principes extractifs caramélisés.

Il est probable, ainsi que l'a montré M. Trillat (1), que la formation de ce caramel s'accompagne de la production de traces de formaldéhyde qui favorise la stérilisation et par suite la conservation ultérieure.

La durée de celle-ci a, en effet, dépassé les premières indications. Certains pains ont mis, à raison de changement de camp, cinquante jours pour parvenir aux destinataires; d'autres, renvoyés aux expéditeurs, ont fait retour en France après un voyage de deux mois environ. Dans l'un comme dans l'autre cas le pain a été trouvé absolument intact. De plus la correspondance des intéressés indique d'une façon générale que le pain est toujours arrivé tendre « aussi frais, dit par exemple un prisonnier, que si on venait de l'acheter » et qu'ainsi la double enveloppe de papier rend bien, dans ce cas, les mêmes services que l'enveloppe métallique des conserves alimentaires.

J'ajoute que le procédé a été appliqué, non seulement au pain, mais à divers autres produits alimentaires contenant des œufs et des matières grasses, d'une valeur alimentaire supérieure, par conséquent, et cela avec le même succès.

L'expérience ainsi acquise montre donc que le procédé indiqué dans ma Note précédente a bien rendu les services qu'on pouvait en attendre. Elle permet aussi de prévoir que, utilisée comme je l'ai indiqué, l'enveloppe de papier peut avoir, en certaines occasions, une application plus générale.

---

(1) TRILLAT, *Sur la présence de l'aldéhyde formique dans les substances caramélisées* (*Comptes rendus*, t. **142**, 1906, p. 454).

MÉDECINE. — *Compresseur oculaire pour la recherche du réflexe oculo-cardiaque.* Note de M. **J. Roubinovitch**, présentée par M. Charles Richet.

On sait que la compression des globes oculaires détermine, par la voie afférente du trijumeau et la voie efférente du pneumogastrique, une modification transitoire du rythme cardiaque connue sous le nom de *réflexe oculo-cardiaque*, décrit par Aschner en 1908 [1].

A l'état normal, ce réflexe se caractérise par un ralentissement du pouls, de 4 à 10 pulsations à la minute; dans un grand nombre d'états pathologiques, il est altéré : soit que le ralentissement est plus accentué, soit que le pouls reste le même, soit qu'il se produit une accélération plus ou moins grande du nombre de pulsations.

Pour provoquer ce réflexe, les expérimentateurs se sont servis de la compression des globes oculaires au moyen des doigts d'un aide. Or, la compression digitale étant forcément variable d'un aide à l'autre, inégale pour le même aide, irrégulière, non mesurable, pas toujours aseptique et nécessitant le concours d'une tierce personne, j'ai imaginé et fait construire un appareil qui permet de déterminer une *compression mécanique* des yeux, *nullement douloureuse*, *souple*, *régulière*, *mesurable*, *durable*, *aseptique* et *ne nécessitant le concours d'aucun aide*.

L'appareil, qui a la forme de lunettes, se compose d'*appliques* frontale, nasale et oculaires fonctionnant au moyen d'un système de *réglettes*, de *tiges à ressort* et de *molettes* dont le jeu, très simple, permet d'obtenir tous les degrés de compression oculaire. Grâce à une disposition spéciale des molettes, on peut bloquer instantanément l'appareil dans la position de compression voulue et ramener ensuite aussi rapidement les appliques oculaires, par la détente des ressorts, à la position de repos.

Appliqué à l'étude du réflexe oculo-cardiaque chez des sujets sains, cet appareil a donné des résultats confirmant ceux obtenus jusqu'à présent par la compression digitale, à savoir un ralentissement du pouls de 4 à 10 pulsations à la minute. Dans un certain nombre de cas d'affections du système nerveux, comme par exemple dans l'épilepsie, l'action du compresseur oculaire a produit, dans l'immense majorité de mes observations, une accélé-

[1] On trouvera plusieurs travaux sur ce réflexe dans les *Bulletins* des *Société de Biologie*, *Société médicale des Hôpitaux* et *Société de Psychiâtrie*, de 1913 et 1914.

ration du pouls. On peut donc considérer dès à présent cet appareil comme apte à remplacer avantageusement la compression digitale des globes oculaires dans l'étude du réflexe oculo-cardiaque, au point de vue du diagnostic, soit de l'épilepsie, soit d'autres syndromes morbides, organiques ou fonctionnels, du système nerveux.

M. **René Arnoux** adresse une Note ([1]) intitulée : *Sur la transmission par le sol du bruit de la canonnade et sur les zones de silence qui sont la conséquence de cette transmission.*

(Renvoi à la Commission de Physique.)

M. **Esclangon** adresse une Note intitulée : *Sur les coups de canon et les zones de silence.*

(Renvoi à la Commission de Physique.)

A 16 heures l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 heures et demie.

A. Lx.

---

([1]) Séance du 24 juillet 1916.

## BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

---

### OUVRAGES REÇUS DANS LES SÉANCES DE MAI 1916.

*Le Système du monde; histoire des doctrines cosmologiques de Platon à Copernic*, par PIERRE DUHEM, Membre de l'Institut; t. IV. Paris, Hermann, 1916; 1 vol. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

*La Chimie est-elle une science française?* par PIERRE DUHEM, Membre de l'Institut. Paris, Hermann, 1916; 1 vol. in-12. (Hommage de l'auteur.)

*Observation des orages de 1915 dans les départements de la Gironde et partie de la Dordogne; expériences des paragrêles électriques :* Rapport de M. F. COURTY. Extrait du *Bulletin de la Commission météorologique de la Gironde* (année 1915). Bordeaux, Gounouilhou, 1916; 1 fasc. in-8°. (Présenté par M. Violle.)

*Précis de Métallurgie*, par H. PÉCHEUX. Paris, Baillière et fils, 1915; 1 vol. in-12. (Présenté par M. J. Violle.)

*Un Mémoire scientifique achevé devant l'ennemi; Notice sur Jean Daniel*, par M. GASTON BONNIER, Membre de l'Institut; 1 fasc. imp.

*Influence du mode de vie sur la structure secondaire des Dicotylédones*, par JEAN DANIEL. Paris, Orlhac, 1916; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Gaston Bonnier.)

Bureau central de l'Association géodésique internationale. *Rapport sur les travaux du Bureau central en 1915 et programme des travaux pour l'exercice de 1916.* Leide, Brill, 1916; 1 fasc. in-4°.

*Études de Lépidoptérologie comparée*, par CHARLES OBERTHÜR, fasc. XI, planches. Rennes, Oberthür, 1916; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Bouvier.)

*Sur quelques plantes wealdiennes recueillies au Pérou par M. le capitaine Berthon*, par M. R. ZEILLER, Membre de l'Institut. Extrait de la *Revue générale de Botanique*, t. XXV *bis* (1914), p. 647. (Hommage de Mme Vve Zeiller.)

*Le service géodésique du Danemark* (1816-1916), publié par le général V.-H.-O. MADSEN. Copenhague, Bianco-Luno, 1916; 1 vol. in-4°. (Présenté par M. Lallemand.)

Ministère de l'Intérieur. *Statistique sanitaire de la France, 1re partie : Villes de 50000 habitants et au-dessus, année* 1913. Melun, Imprimerie administrative, 1915; 1 fasc. in-4°.

*De l'embaumement chez les anciens*, par LOUIS REUTTER. Genève, Imprimerie centrale, 1916; 1 fasc.

*Sur les avantages et les progrès de la mesure décimale française des angles*, par JOSEPH DE REY PAILHADE. Nice, 1916; 1 fasc.

*Expériences et études de Charles Weyher sur les tourbillons aériens et sur l'éther*, par SYLVAIN PÉRISSÉ. Paris, Société des Ingénieurs civils, 1916; 1 fasc.

*Étude sur le déboisement de la France*, par Antonin Rousset. Montpellier, 1916; 1 fasc.

*Mémoires de l'Académie de Stanislas*, 1913-1914, 6e série, t. XI. Nancy, Berger-Levrault, 1914; 1 vol. in-12.

*Cours d'Hydraulique*, par J. Grialou. Paris, Gauthier-Villars, 1916; 1 vol. in-8°.

*Principes nouveaux de calculs rapides sans l'emploi des logarithmes*, par Marchand Bey. Paris, Desforges, 1915; 1 vol. in-8°.

*Articulos reglementarios con ampliaciones para el examen de maquinistas de locomotaras extractados de la Ley y Reglamento de Ferro-carriles nacionales*, por Manuel C. Baudrix. Buenos-Aires, de Martino y Gutierrez, 1912; 1 vol. in-12.

*Annuario publicado pelo Observatorio nacional do Rio de Janeiro* para o anno de 1916. Rio de Janeiro, 1916; 1 vol. in-12.

*Equilibrio cosmico*, par Alessandro Vecellio. Feltre, Castaldi, 1916; 1 fasc.

Republica oriental del Uruguay. Ministerio de Industrias. Inspeccion nacional de Ganaderia y Agricultura. *La Palma Butia; — El Mani*, por Juan Puig y Nattino. Montevideo, 1915 et 1916; 2 fasc.

*Boletin de la Academia nacional de Ciencias en Cordoba* (Republica Argentina), t. XX. Buenos-Aires, Coni Hermanos, 1915; 1 vol. in-4°.

U. S. A. Senate. *Report of the national Academy of Sciences for the Year* 1915. Washington, Government printing Office, 1916; 1 fasc.

*A possible origin for some spiral nebulae*, by George F. Becker. Washington, National Academy of Sciences, 1916; 1 fasc.

U. S. A. Department of Commerce. *Bulletin of the Bureau of Fisheries*, vol. XXXIII, 1913. Washington, Government printing Office, 1915; 1 vol. in-4°.

*Yearbook of the department of Agriculture*, 1915. Washington, Government printing Office, 1916; 1 vol. in-8°.

*Publications of the Dominion Observatory*, vol. II, n° 15 et vol. III, nos 1, 2, 3, 4 et 5. Ottawa, Government printing Bureau, 1915 et 1916; 6 fasc.

Suomalaisen Tiedeakatemian Toimituksia. *Annales Academiæ scientiarum Fennicæ*, série A, t. VI et V; série B, t. XII, 2-4. Helsinki, 1914 et 1915; 3 vol. in-8°.

Suomalaisen Tiedeakatemian julkaisemia pohjoismaiden historiaa valaisevia asiakirjoja. *Documenta historica quibus res nationum septentrionalium illustrantur edidit Academia scientiarum fennica*, t. V. Helsinki, 1915; 1 vol. in-8°.

*Sitzungsberichte der Finnischen Akademie der Wissenschaften*, 1912, herausgegeben von Gust. Komppa. Helsinki, 1914; 1 fasc.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 7 AOUT 1916.

PRÉSIDENCE DE M. PAUL APPELL.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

### DÉMOGRAPHIE. — *De la variation mensuelle de la natalité.* Note de M. CHARLES RICHET.

I. Nulle question n'est plus grave, à l'heure présente, que celle de la natalité. Quoique jusqu'à présent elle ait été étudiée surtout par les économistes, il m'a paru que les physiologistes avaient, eux aussi, le droit de l'aborder. On me permettra donc d'examiner, avec quelques détails, un des éléments essentiels de la natalité, à savoir les variations mensuelles du nombre des naissances.

Dans cette première Communication, je ne traiterai pas l'intensité de ces variations, mais seulement le déplacement du maximum suivant les époques et les pays (1).

II. Établissons d'abord le fait lui-même, à savoir que, pour un même pays, le maximum mensuel des naissances se trouve apparaître dans chaque année à peu près aux mêmes époques, et que par conséquent la courbe des

(1) La variation mensuelle a été entrevue par Moheau (1778), puis étudiée par Villermé et d'autres statisticiens, notamment par A. Bertillon (art. NATALITÉ du *Dictionnaire encyclopédique des Sciences médicales*), qui en a fait une étude attentive. Toutes les statistiques constatent ce phénomène démographique, mais sans l'analyser profondément. On trouve de judicieuses réflexions dans la *Statistique internationale du mouvement de la population* (Imprimerie nationale, Paris, 1913, II, 74-103).

naissances est très analogue d'une année à l'autre, présentant tous les ans des inflexions ou des élévations parallèles (¹).

En relevant pendant 57 ans les proportions mensuelles des naissances françaises, chiffre considérable de près de 50 millions de naissances, on voit en toute netteté que le maximum mensuel a toujours été en février ou en mars.

Soit, pour un pays quelconque, 12000 le nombre proportionnel des naissances en une année, le chiffre moyen mensuel sera de 1000. Or, pour la France, le maximum mensuel a été en moyenne :

| | |
|---|---|
| De 1853 à 1860 | 1110 (mars) |
| De 1861 à 1870 | 1100 (février) |
| De 1871 à 1880 | 1089 (février) |
| De 1881 à 1890 | 1075 (février) |
| De 1891 à 1900 | 1080 (mars) |
| De 1901 à 1910 | 1084 (mars) |

III. On retrouve pour tous les pays de l'hémisphère boréal ce maximum mensuel en février-mars (²).

*Maximum mensuel pour les années* 1906-1910.

| | |
|---|---|
| Japon | 1392 (mars) |
| Serbie | 1336 (février) |
| Espagne | 1190 (février) |
| Italie | 1120 (février) |
| Hongrie | 1101 (mars) |
| France | 1090 (mars) |
| Danemark | 1073 (mars) |
| Autriche | 1074 (février) |
| Suède | 1067 (mars) |
| Allemagne | 1046 (mars) |
| Norvège | 1046 (mai) |

IV. Dans l'hémisphère austral le maximum est en août-octobre, c'est-à-dire à une distance de six mois du maximum mensuel de notre hémisphère :

(¹) Les douze mois de l'année sont considérés comme étant tous de 30 jours. Les chiffres mensuels se rapportent donc à des mois supposés de longueur égale.

(²) Si nous ne donnons pas les chiffres des autres États, ce n'est pas parce que nous avons fait un choix, mais parce que les statistiques des années 1906-1910 ne nous sont pas parvenues.

| | |
|---|---|
| Australie (occidentale)... | 1090 (août) |
| Nouvelle-Galles du Sud.. | 1063 (octobre) |
| Uruguay............... | 1060 (octobre) |
| Ville de Buenos-Ayres... | 1058 (juillet) |

Encore que ces statistiques soient trop peu nombreuses, c'en est assez pour prouver qu'il y a corrélation entre le maximum (février-mars) de l'hémisphère boréal, et le maximum (août-octobre) de l'hémisphère austral.

Si donc le maximum se déplace avec les saisons, c'est qu'il est en rapport avec les saisons mêmes.

V. Le mois de la naissance indique assez exactement le mois de la conception. Or la durée de la gestation chez la femme est en moyenne de 280 jours; c'est-à-dire 9 mois et 10 jours. Par conséquent, s'il y a maximum des naissances du 15 février au 15 mars, c'est qu'il y a eu maximum de conceptions du 5 mai au 5 juin de l'année précédente.

Autrement dit, c'est à la fin du printemps ou au commencement de l'été que les conceptions sont le plus nombreuses.

VI. A. Bertillon a établi que le maximum mensuel des naissances ne correspond pas à un maximum mensuel de mariages. Il en a donné la preuve irréfutable en indiquant que pour les naissances illégitimes, où évidemment l'influence de la nuptialité est nulle, il y a le même maximum mensuel que pour les naissances légitimes.

J'apporterai ici, par des chiffres plus récents, une confirmation.

*Maximum mensuel pour les mêmes périodes annuelles.*

| | Naissances totales. | Naissances illégitimes. |
|---|---|---|
| Serbie (1901-1905)....... | 1302 (février) | 1302 (*sic*) (fév.) |
| Roumanie (1876-1880).... | 1187 (février) | 1196 (février) |
| Espagne (1901-1905)..... | 1185 (février) | 1151 (février) |
| Italie (1872-1880)........ | 1111 (février) | 1157 (février) |
| Hongrie (1901-1905)..... | 1088 (février) | 1135 (février) |
| Danemark (1906-1910)... | 1073 (mars) | 1096 (mars) |
| Suède (1906-1910)....... | 1067 (mars) | 1089 (mars) |
| Allemagne (1906-1910)... | 1046 (mars) | 1102 (février) |
| Suisse (1891-1900)....... | 1045 (mars) | 1124 (mars) |
| Norvège (1901-1905)...... | 1046 (mai) | 1100 (mai) |
| Finlande (1901-1905)..... | 1083 (juillet) | 1131 (juin) |

La similitude saisissante de ces chiffres pour les naissances légitimes d'une part et illégitimes de l'autre permet de conclure en toute certitude que la nuptialité ne détermine pas les variations mensuelles de la natalité.

Ajoutons même que la cause, quelle qu'elle soit, qui fait croître les naissances en février-mars agit avec un peu plus de force sur les naissances légitimes.

Faisons en effet égal à 1000 le maximum mensuel des naissances totales, le maximum mensuel des naissances illégitimes pour la même période sera :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Suisse | 1075 | Danemark | 1021 |
| Allemagne | 1053 | Suède | 1021 |
| Norvège | 1051 | Roumanie | 1008 |
| Finlande | 1044 | Serbie | 1000 |
| Hongrie | 1043 | Espagne | 971 |
| Italie | 1041 | | |

VII. On retrouve ce maximum aussi bien pour la population urbaine que pour la population rurale, aussi bien pour la population aisée que pour la population pauvre.

*Maxima mensuels pour la France* (1856-1865).

| | Campagnes. | Villes (de plus de 15000 habitants). | Paris et Seine. |
|---|---|---|---|
| Janvier | 1046 | 1037 | 1013 |
| Février | 1107 | 1091 | 1059 |
| Mars | 1109 | 1080 | 1056 |
| Avril | 1066 | 1040 | 1035 |

*Maxima mensuels pour Paris* (10 ans).

| | Arrondissements riches (VIII^e et XVI^e). | Arrondissements pauvres (XV^e et XIX^e). |
|---|---|---|
| Janvier | 1048 | 1028 |
| Février | 1040 | 1054 |
| Mars | 1050 | 1053 |
| Avril | 1049 | 1036 |
| Moyenne des 4 mois | 1047 | 1042 |

VIII. Enfin on ne peut faire dépendre le maximum mensuel, indiquant les naissances vivantes, d'une diminution corrélative de la mortinatalité, puisqu'on trouve pour les mort-nés les chiffres suivants :

*Maximum mensuel des mort-nés pour la France* (1853-1885).

| | |
|---|---|
| Janvier | 1094 |
| Février | 1123 |
| Mars | 1097 |

Ce sont là des chiffres tout à fait comparables à ceux des naissances vivantes.

IX. Il est donc prouvé par tous ces chiffres (que je pourrais d'ailleurs fournir plus abondants) que le maximum mensuel ne dépend ni de la nuptialité, ni de la nationalité, ni de la mortinatalité, ni de la richesse et des conditions sociales.

Je vais essayer de prouver qu'il est en rapport avec le climat, c'est-à-dire avec la température.

X. Pour cela il faut déterminer par le calcul non pas seulement le mois, mais encore le jour maximum des naissances. C'est un chiffre que les statistiques ne fournissent pas, et pour lequel par conséquent nous ne pouvons avoir qu'une probabilité.

Les chiffres de la statistique ne nous donnent pas une courbe, mais simplement des lignes droites, en escalier, qu'il s'agit de transformer en une courbe régulière qui aura un maximum.

Soit par exemple 1000 naissances en janvier, 1200 en février, 1100 en mars; il est *probable :* d'abord que le jour du maximum sera en février, et ensuite que ce jour sera en un jour de février plus proche du 1er mars que du 30 janvier.

Soient trois mois se succédant, ayant chacun leur chiffre mensuel moyen (J, F, M). Soit F le maximum. Il est probable que, si la droite de 30 jours représentant le mois de février est partagée en deux parties proportionnelles à F — J et à F — M, on obtiendra ainsi le jour du maximum probable des naissances [1].

---

[1] D'autres méthodes d'évaluation plus compliquées (toujours en supposant des courbes régulières) m'ont donné des résultats qui sont très sensiblement les mêmes que par les proportionnalités F — J et F — M.

*Jour maximum probable.*

| | Nombre d'années observées. | Périodes diverses (antérieures à 1906-1910). Jour et mois. | Jour de l'année. | Période de 1906-1910. Jour et mois. | Jour de l'année. |
|---|---|---|---|---|---|
| Bulgarie...... | 15 | 1er février | 31 | ? | ? |
| Serbie........ | 20 | 12 » | 42 | 19 février | 49 |
| Autriche...... | 15 | 15 » | 45 | 18 » | 48 |
| Italie......... | 48 | 17 » | 47 | 6 » | 36 |
| Espagne ...... | 17 | 20 » | 50 | 24 » | 54 |
| Roumanie..... | 10 | 22 » | 52 | ? | ? |
| Pays-Bas...... | 6 | 23 » | 53 | ? | ? |
| Allemagne..... | 23 | 24 » | 54 | 2 mars | 62 |
| Hongrie ...... | 14 | 24 » | 54 | 28 février | 58 |
| Belgique...... | 25 | 26 » | 56 | 28 » | 58 (1) |
| Norvège ...... | 35 | 30 » | 60 | 6 mai | 126 (1) |
| Connecticut... | 5 | 3 mars | 63 | 5 mars | 65 |
| Massachusetts. | 5 | 6 » | 66 | 9 » | 69 |
| Japon ........ | 5 | 7 » | 67 | 2 » | 62 |
| France ....... | 57 | 12 » | 72 | 22 » | 82 |
| Suède ...... . | 54 | 13 » | 73 | 15 » | 75 |
| Danemark .... | 50 | 19 » | 79 | 24 » | 84 |
| Maine........ | 5 | 25 » | 85 | 22 » | 82 |

Si nous partageons les pays d'Europe inclus dans ce Tableau, en trois groupes selon la latitude, nous pouvons établir la classification suivante :

A. *Groupe méridional* (au-dessous de 45°). — Bulgarie, Serbie, Italie, Espagne, Roumanie.

B. *Groupe central* (au-dessus de 45° et au-dessous de 55°). — Autriche, Pays-Bas, Allemagne, Hongrie, Belgique, France.

C. *Groupe septentrional* (au-dessus de 55°). — Norvège, Suède, Danemark.

Prenons d'abord la période 1906-1910 (puisque la comparaison est surtout valable pour les mêmes périodes) et, comme les chiffres doivent avoir une importance proportionnelle au nombre absolu de ces naissances, donnons à chaque pays son coefficient de natalité.

Nous avons alors :

| | Jour maximum probable. |
|---|---|
| Groupe A (méridional)............ | 19 février |
| Groupe B (central)............... | 30 » |
| Groupe C (septentrional).......... | 15 mars |

(1) Période 1901-1905.

Si nous avions pris les périodes antérieures à 1905-1906, nous eussions trouvé des chiffres tout à fait analogues :

| | Jour maximum probable. |
|---|---|
| Groupe A (méridional) | 17 février |
| Groupe B (central) | 30 » |
| Groupe C (septentrional) | 12 mars |

Ces jours maxima probables des naissances correspondent à des maxima probables des conceptions.

*Jour maximum probable des conceptions.*

| | |
|---|---|
| Groupe méridional | 7-9 mai |
| Groupe central | 20 mai |
| Groupe septentrional | 2-5 juin |

Par conséquent le jour maximum des naissances, c'est-à-dire des conceptions, dépend de la latitude. Et selon toute vraisemblance, cette différence de latitude agit par une différence de température.

La comparaison entre trois États de l'Amérique qui sont, en allant du Nord au Sud, Maine, Massachusetts et Connecticut, nous donne la confirmation curieuse de cette loi :

| | |
|---|---|
| Maine | 25 mars |
| Massachusetts | 6 mars |
| Connecticut | 3 mars |

Pour les départements de France, il est assez difficile de savoir la température vraie. On peut toutefois, *quoique d'une manière extrêmement imparfaite*, apprécier la température moyenne d'un département en prenant celle du chef-lieu. D'après les documents que m'a obligeamment communiqués M. Angot, on peut admettre, en mai, sept départements où la température moyenne est supérieure à 16°, et cinq dont la température est inférieure à 12°. Or, pour les sept départements à température élevée (Corse, Alpes-Maritimes, Vaucluse, Bouches-du-Rhône, Gard, Hérault, Pyrénées-Orientales), le jour probable maximum moyen a été le 16 février, tandis que pour les cinq départements à température inférieure à 12°, ce jour probable moyen a été le 4 avril (Lozère, Aveyron, Haute-Savoie, Hautes-Alpes, Cantal).

En ordonnant les départements d'après le jour maximum probable, j'ai trouvé, pour 12 ans (1890-1901) :

| Jour maximum probable. | Nombre de départements. | Moyenne thermique vraie de ces mêmes départements d'après la température du chef-lieu (en mai). | |
|---|---|---|---|
| Avant le 21 février........ | 8 | 15°,02 | |
| Du 21 février au 30 février. | 15 | 13,95 | |
| Du 1er mars au 10 mars.... | 14 | 13,63 | |
| Du 11 mars au 20 mars.... | 14 | 13,54 | |
| Du 21 mars au 30 mars.... | 13 | 13,21 | 13°,32 |
| Du 1er avril au 10 avril..... | 15 | 13,41 | |
| Au delà du 10 avril........ | 4 | 12,57 | |

XI. Ce maximum mensuel se déplace avec le temps.

J'ai cherché pour la ville de Paris, de 1881 à 1912, à étudier ses variations, sans pouvoir y trouver quelque loi. La moyenne générale m'a donné le chiffre du 61e jour (1er mars) assez différent du chiffre de la France entière (72e jour, 12 mars).

Mais pour la France entière et pour les autres pays d'Europe, on aperçoit nettement que le jour maximum tend constamment à s'éloigner de plus en plus du 1er janvier.

En comparant la période 1906-1910 aux périodes antérieures, nous trouvons :

| | Jour du *maximum* pour les périodes antérieures à 1906-1910. | Jour du *maximum* pour la période 1906-1910. |
|---|---|---|
| Autriche (1895-1900).......... | 11 février | 18 février |
| Hongrie (1876-1880)........... | 11 » | 28 » |
| Espagne (1863-1870)........... | 13 » | 24 » |
| Serbie (1891-1900)............. | 14 » | 19 » |
| Allemagne (1872-1880)........ | 20 » | 2 mars |
| Italie (1863-1871)............. | 20 » | 6 février |
| France (1853-1860)............. | 2 mars | 22 mars |
| Suède (1856-1860)............. | 10 » | 15 » |
| Danemark (1860-1869)......... | 17 » | 24 » |

Dans tous ces pays, sauf pour l'Italie, le jour maximum (probable) a été en s'éloignant du 1er janvier de l'année.

Si nous calculons cet éloignement pour une période de 10 ans, nous avons, en jours, les chiffres suivants :

| | |
|---|---|
| Autriche | 7 |
| Hongrie | 5,6 |
| France | 3,8 |
| Allemagne | 3,7 |
| Italie | — 3,5 |
| Serbie | 3,3 |
| Espagne | 2,8 |
| Danemark | 1,5 |
| Suède | 1,0 |

XII. Dans une Communication prochaine, j'essayerai de montrer le rapport de cette variation mensuelle avec d'autres conditions que celles du climat et du temps.

Pourtant, dès maintenant, nous pouvons déduire quelques conclusions fermes, et tenter une explication de ce maximum des conceptions se produisant aux premières chaleurs du printemps.

C'est un phénomène physiologique, et non psychologique.

Il est extrêmement peu probable, en effet, qu'il s'agit d'ardeurs amoureuses plus vives au printemps. Car dans tout pays, à tort ou à raison (à tort suivant nous), les familles même les plus fécondes n'ont que le nombre d'enfants auquel elles ont consenti. J'oserai donc dire, quelque étrange que puisse paraître cette affirmation, qu'il n'y a aucune corrélation à établir entre les hypothétiques expansions amoureuses du printemps et la natalité. L'hypothèse que le maximum mensuel des naissances en février-mars est lié à des relations conjugales plus fréquentes ou plus ardentes, en mai-juin, nous paraît absolument invraisemblable.

Nous proposerons donc une hypothèse tout autre, très simple : c'est que les conditions physiologiques de la maturation de l'ovule et de sa fécondation ne sont pas également favorables dans toutes les périodes de l'année. Par suite d'une ancestrale prédisposition, au moment du printemps, chez la femme, comme chez la plupart des animaux, mais moins nettement que chez eux, la maturation, la chute et la fécondation de l'ovule se font dans des conditions meilleures et plus assurées.

Il suffit alors d'admettre que 5 pour 100 à peu près des femmes sont beaucoup plus aptes à être fécondées pendant cette période de l'année qu'à toute autre époque.

M. Augusto Righi fait hommage à l'Académie d'un Mémoire intitulé : *Sulla fase iniziale della scarica in campo magnetico*.

## CORRESPONDANCE.

M. Arthur R. Hinks, Secrétaire de la *Royal geographical Society*, adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée aux travaux de Sir Ernest Shackleton.

MM. Auguste Barbey, Joaquim Bensaude, E. Doublet, Mérigeault, E. Montoriol, Louis Raveneau, L. Torrès adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

HYDRAULIQUE. — *Sur les coups de bélier; examen de l'état d'une conduite.* Note (¹) de M. Charles Camichel, présentée par M. Boussinesq.

Dans les laboratoires d'hydraulique et dans l'industrie, il est nécessaire d'avoir affaire à des conduites bien définies, c'est-à-dire complètement purgées d'air ou contenant des poches d'air de volume connu, en des points déterminés.

L'objet de cette Note est d'indiquer brièvement quelques-uns des moyens qu'on peut employer pour déterminer l'état d'une conduite.

1° La méthode de la dépression brusque que j'ai décrite (²) permet de déterminer la vitesse $a$ de la propagation de l'onde. Si la valeur trouvée pour $a$ concorde avec la formule de M. Allievi, la conduite peut être considérée comme entièrement purgée d'air.

On peut donner une explication simple des graphiques obtenus. Soient $l$ la longueur de la conduite, $y_0$ la pression statique à l'extrémité aval de celle-ci, $\varepsilon$ la vitesse de l'eau et $y_1$ la pression à l'extrémité de la conduite au moment du maximum de dépression (époque o); $y_2, y_3, y_4, \ldots$ désignant les valeurs de la pression aux époques

$$\frac{2l}{a}, \quad 2\times\frac{2l}{a}, \quad 3\times\frac{2l}{a}, \quad \ldots,$$

(¹) Séance du 31 juillet 1916.

(²) *Comptes rendus*, t. 161, 1915, p. 412.

on démontre qu'on a

$$y_1 = y_0 - \frac{a\varepsilon}{g}, \quad y_2 = y_0 + \frac{2a\varepsilon}{g}, \quad y_3 = y_0 - \frac{2a\varepsilon}{g}, \quad \ldots$$

La dépression revient donc à l'extrémité aval changée de signe et doublée.

2° Pour déterminer la position d'une poche d'air, il suffit d'utiliser la propriété suivante : la dépression provoquée à l'extrémité aval de la conduite, rencontrant une poche d'air, se réfléchit avec changement de signe sur celle-ci. Cette méthode permet de localiser avec précision les poches d'air. M. Joukowski a indiqué un procédé assez voisin de celui-ci.

3° L'emploi des fermetures complètes, de durée inférieure à $\frac{2l}{a}$, permet également de savoir si la conduite est complètement purgée; dans ce cas, la suppression doit être égale à $\frac{av_0}{g}$, $v_0$ désignant la vitesse de l'eau dans la conduite au moment de la fermeture.

D'ailleurs, le coup de bélier dû à une fermeture instantanée se transmet *intégralement* le long de la conduite, tandis que la présence, à l'extrémité aval de la conduite, d'une poche d'air de volume suffisant pour que la compressibilité du liquide et la dilatation de l'enveloppe soient négligeables donne, comme je l'ai montré [1], une répartition linéaire du coup de bélier, le long de la conduite, pourvu que celui-ci soit faible vis-à-vis de $y_0$.

En raison de l'importance actuelle de cette remarque, il est nécessaire de citer un exemple : une conduite de 105$^m$,24 de longueur, de 80$^{mm}$ de diamètre et de 5$^{mm}$ d'épaisseur (en fer) (cette épaisseur est constante sur toute la longueur de la conduite), était munie de 2 manomètres, placés, l'un, A, au premier tiers amont, où la pression était 13$^m$,50 d'eau; l'autre, B, à l'extrémité aval, où la pression était 16$^m$,0 d'eau. Une fermeture brusque a provoqué, à l'extrémité aval, un coup de bélier de 21$^m$,60 enregistré par le manomètre B; le manomètre A a indiqué un coup de bélier de 21$^m$,50.

Dans une autre expérience, la même conduite a été munie, à son extrémité aval, d'une poche d'air de 6600$^{cm}$ mesurés à la pression de 750$^{mm}$,2 et à 21° C.; une fermeture brusque a donné les coups de bélier suivants :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Extrémité aval (manomètre B)........ | +3$^m$,18 | −2$^m$,33 | +2$^m$,65 |
| Premier tiers (amont, manomètre A).... | +1,06 | −0,73 | +0,93 |
| Rapport....... | 3,0 | 3,18 | 2,86 |

[1] *Comptes rendus*, loc. cit.

On peut dire, par conséquent, que les fermetures instantanées dans une conduite entièrement purgée sont extrêmement dangereuses pour les portions supérieures de celle-ci; une poche d'air placée à l'extrémité aval a un rôle efficace pour leur protection.

4° La méthode de l'analyse d'une conduite par un robinet tournant, que j'ai indiquée ([1]), permet de rechercher les différentes périodes d'une conduite; elle est utile dans les laboratoires, mais ne doit être employée dans l'industrie qu'avec la plus grande prudence, en raison des surpressions qu'elle peut donner.

GÉOLOGIE. — *Les roches éruptives filoniennes intrusives de la région située au nord du Tage.* Note ([2]) de M. PAUL CHOFFAT.

Les *dykes* des roches éruptives existent en quantité si considérable dans toute la contrée située au nord du Tage ([3]) qu'il n'est pas possible de les indiquer tous sur la Carte, tant à cause de son échelle qu'à cause de la décomposition fréquente des roches permettant à la terre végétale de les masquer.

Ils forment en général des groupes ayant une même orientation, mais l'orientation de chacun d'eux est parfois fort différente et l'on voit des dykes traversant plus ou moins perpendiculairement un autre groupe. Certains dykes, se trouvant au milieu de sills dont ils ont l'orientation, donnent l'impression que sills et dykes ont la même origine. Chaque groupe de dykes est en général formé par un même type pétrographique, mais l'on remarque parfois le passage d'un type à un autre dans un même dyke (Alcainça, trachyandésite avec taches noires plus basiques).

C'est au nord de la chaîne Cintra-Caneças que les *cheminées* éruptives sont les plus nombreuses. Elles forment des dômes, dont le plus élevé, Atalaia, atteint l'altitude de $429^m$. Je ne connais qu'un dyke de roche leucocrate (trachyandésite à biotite, Monte Leite, près Malveira). Les autres sont constitués par du basalte compact, avec ou sans présence de brèches éruptives ou de lambeaux de calcaire de Crétacique supérieur tombés dans l'intérieur, généralement contre les parois; en 1880 j'ai déjà signalé, près de Peniche, un dyke coupant le Lias inférieur et contenant des débris de Turonien et de Bellasien fossilifères, terrains n'existant plus dans la région.

---

([1]) *Comptes rendus*, t. 161, 1915, p. 412.
([2]) Séance du 10 juillet 1916.
([3]) *Comptes rendus*, t. 162, 1916, p. 981.

Ces lambeaux de Turonien sont des témoins prouvant que ce terrain s'étendait uniformément sur toute la contrée, et montrant la puissance considérable de l'érosion, qui est de plusieurs centaines de mètres lorsque la cheminée est dans le Jurassique supérieur. Je les ai pris jadis pour une preuve que le basalte qui les accompagne est un lambeau de la nappe basaltique, tandis que je suis actuellement convaincu que dans la plupart des cas il s'agit de chutes dans les cheminées volcaniques. Il est rarement possible d'observer une cheminée de basalte s'épanchant dans la *nappe* basaltique, que j'ai étudiée dans une Note antérieure; par contre, il est plus fréquent de constater des dykes de roches basaltiques la traversant. Les *aires typhoniques* contiennent de nombreuses bosses de roches réunies jadis sous le nom d'*ophite;* la plupart sont en effet formées par de la diabase. Je ne sais si l'on doit les considérer comme des batholithes ou comme des extrusions du type de la Montagne Pelée, opinion qui semble vraisemblable pour un ou deux cas exceptionnels formés par de la syénite.

*Formes intrusives.* — Les *sills* sont extrêmement nombreux; quelques-uns sont constitués par du basalte, mais en général ce sont des roches plus acides, de couleur plus claire, considérées anciennement comme trachyte, mais en réalité formées par des labradorites, des andésites et surtout par des trachyandésites. Le trachyte franc est relativement rare; il ne forme que des dykes ou des *sills* peu *puissants* (surtout près du batholithe de Cintra).

Dans les falaises de l'Océan, des dykes de basalte sont intercalés horizontalement entre les strates crétaciques, formant des sills avec des varices de quelques mètres d'épaisseur. Le plus grand sill que j'aie observé (labradorite augitique) a $10^{km}$ de long sur $4^{km}$ de large. Sa puissance, qui est de $5^{m}$ à son extrémité occidentale, passe successivement à $15^{m}$ et $20^{m}$, puis brusquement à $60^{m}$ et $100^{m}$, formant la colline d'Anços, qui doit correspondre à un point d'émission non observable.

D'autres bosses, ayant jusqu'à $2^{km}$ de diamètre, ne se prolongent pas sous forme de sills ou du moins n'ont que des apophyses peu étendues; celle de Montemor (trachyandésite) pourrait être un laccolithe? tandis que celle du fort d'Alqueidão (diabase) correspond plutôt à deux batholithes jumeaux. La distinction entre batholithe et lacolithe est beaucoup plus claire en théorie que dans la pratique.

*Chaîne de Cintra-Caneças.* — Il me reste à indiquer la constitution de la chaîne Cintra-Caneças. Son axe est orienté de l'Ouest à l'Est, et elle est

coupée transversalement par deux grandes failles : celle du Moulin da Matta entre Sabugo et Agualva, et celle de Dona Maria, qui la divisent en trois massifs. Son extrémité occidentale est coupée par l'Océan (effondrement) et à son extrémité orientale ses strates plongent sous le Tertiaire de la vallée du Tage.

1° L'anticlinal de Cintra a pour axe un batholithe de granite et de syénite traversant le Jurassique supérieur qui a laissé des enclaves de cornéennes dans le massif éruptif, tandis qu'un lambeau de Crétacique à fossiles reconnaissables repose à sa surface. Sur le pourtour du granite, le calcaire est transformé en marbre lamelleux et les dykes qui le traversent sont souvent accompagnés de cornéennes. Il est coupé à l'Ouest par l'Océan et au Nord par une ligne d'effondrements avec renversement de strates, tandis qu'au Sud et à l'Est ses strates plongent vers l'extérieur, au Sud pour former le synclinal d'Alcabidexe et à l'Est pour se briser contre la faille du Moulin da Matta.

Notons encore que ces strates, qui contournent l'extrémité orientale du batholithe, sont accompagnées de dykes et surtout de sills (andésite) affectant la même flexion qu'elles. Ces sills ont jusqu'à $6^{km}$ de longueur et sont surtout nombreux jusqu'à $2^{km},5$ du bord du batholithe, tandis qu'au delà les strates sont disloquées transversalement par des décrochements horizontaux. Leur composition est fort variée [trachytes hololeucocrates, trachytes à plagioclases un peu quartzifères, trachyandésites à biotite, puis roches noires plus basiques (trachyandésites à hornblende et andésilabradorites)]. Ce n'est que sur la ligne d'effondrement limitant le batholithe vers le Nord qu'on rencontre des roches éruptives au milieu des conglomérats plus récents que la nappe basaltique. Ce sont des dykes de roches basaltiques au bord de la mer et de microgranite au nord de Cintra.

2° Le deuxième massif, coupé à l'Ouest et à l'Est par les deux grandes failles précitées, a la forme d'un triangle isoscèle, surélevé entre les deux régions limitrophes qui sont formées par des couches plus récentes. On peut donc le considérer comme un horst complexe, composé de deux anticlinaux très courts, à noyaux de calcaire jurassique. Celui du Nord, Ollelas, situé dans le sommet du triangle formé par les failles, n'a conservé la succession des strates que du côté méridional, où elles forment un synclinal le séparant de l'anticlinal du Sud, désigné sous le nom de *Brouco*. Cet anticlinal a la forme d'un ovale très court, formé par des strates plongeant vers l'extérieur sur tout le pourtour, dont une petite portion seulement est coupée par la faille de Dona Maria. De nombreux et longs

sills sont intercalés dans les couches crétaciques de son flanc méridional qui renferme le dyke du Suimo, contenant des grenats et des zircons.

3° La chaîne se termine par l'anticlinal de Caneças, formé par un noyau de grès et de marno-calcaires du Crétacique moyen coupé à l'Ouest par la faille de Dona Maria, et bordé des autres côtés par une ceinture de calcaires turoniens plongeant sous la nappe basaltique. Dans la moitié orientale du noyau se trouve le batholithe (?) de trachyandésite de Montemór, auquel est accolé un neck de basalte du côté oriental, tandis qu'une autre cheminée coupe l'extrémité orientale de la ceinture turonienne, son basalte s'épanchant dans la nappe basaltique. Notons encore que la ceinture turonienne présente des interruptions, dues à des actions mécaniques, mais les éboulis ne permettent pas d'observer le contact entre le Bellasien et la nappe basaltique.

GÉOPHYSIQUE. — *Les volcans expérimentaux et les lois de la volcanicité.* Note (¹) de M. **Émile Belot**, présentée par M. J. Violle.

Dans une Note précédente (²) j'ai indiqué un procédé permettant de reproduire expérimentalement le volcanisme dans un bassin à fond incliné, contenant de l'eau et du sable et chauffé à sa partie inférieure.

Les phénomènes volcaniques qui prennent ainsi naissance sont extrêmement variés : émission de fumerolles au sommet d'un monticule de sable sec, formation de cratères qui s'élargissent et s'approfondissent en lançant des bombes volcaniques à plusieurs décimètres de hauteur, émission de coulées boueuses, assèchement final de cratères qui, ayant un diamètre de $3^{cm}$ à $6^{cm}$, lancent une colonne de fumée par une cheminée volcanique ayant seulement quelques millimètres carrés de section.

D'autres phénomènes ressemblent aux mouvements épirogéniques, produisant une surrection très lente de grandes surfaces de sable et n'ayant d'ailleurs aucun rapport avec les actions imaginées dans les *cratères de soulèvement :* aucun cratère de ce genre ne s'est jamais produit dans nos expériences. Par un effet analogue, le plan d'eau se relève dans la partie côtière figurée par le sable : ainsi les cratères vides d'une précédente expérience se transforment en cratères-lacs quand on recommence à chauffer.

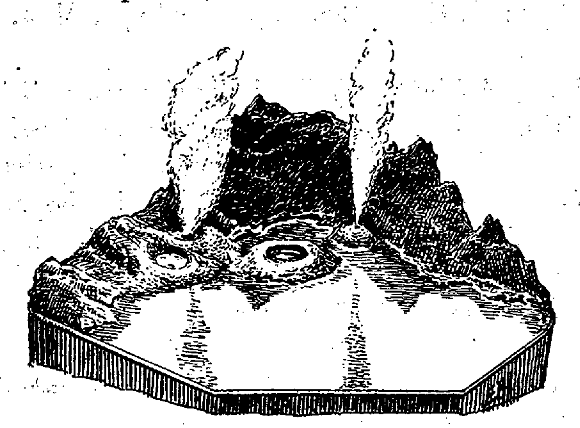
---

(¹) Séance du 31 juillet 1916.
(²) *Comptes rendus*, t. 162, 1916, p. 736.

On peut produire aussi un retrait brusque de la mer et des volcans sous-marins qui peu à peu élèvent par leurs déjections la crête circulaire de leur cratère au-dessus du plan d'eau : quand on arrête l'expérience, toute l'eau du lac cratérique est absorbée (même en contre-bas du plan d'eau) par la cheminée volcanique. Cet effet a pu se produire dans la réalité et déterminer les brèches des cratères circulaires des îles Saint-Paul et Santorin. Quand on interrompt le chauffage assez peu de temps pour que la chaleur n'ait pu se répandre uniformément dans tout le bassin, la reprise du chauffage fait fonctionner de nouveau les mêmes orifices volcaniques comme dans la nature.

Un grand nombre de couches terrestres sont imperméables à l'eau et à la vapeur : ce cas, qui doit être fréquent dans le volcanisme naturel, peut être imité en plaçant une ardoise à peu de distance du fond du bassin d'expérience. Par là on arrive d'une part à produire le volcanisme expérimental beaucoup plus loin du point chauffé (ce qui expliquerait facilement comment certains volcans sont si distants des côtes) et d'autre part à pouvoir faire fonctionner simultanément plusieurs orifices volcaniques dont l'activité de l'un est toujours aux dépens de l'autre, comme le Vésuve et la solfatare de Pouzzoles alternent en général leurs activités.

La figure ci-dessous reproduit exactement au trait une photographie qui



aurait donné lieu à des difficultés de tirage. On y voit un cratère-lac, un cratère asséché avec l'orifice de sa cheminée volcanique, et deux cratères en fonctionnement. La région chauffée est en dessous du signe + : les vapeurs montent donc bien vers la terre ferme figurée par le sable.

Dans nos expériences on peut étudier l'influence de la pente du fond (qui correspond à celle des isogéothermes), et celles des surfaces imperméables qui dirigent les vapeurs vers leur sommet. Suivant que ces surfaces sont en forme de cône droit ou renversé, elles concentrent ou dispersent ces vapeurs souterraines : la différence de pression par mètre linéaire qui pousse les vapeurs vers la terre ferme augmente avec la pente des

surfaces chauffées. On peut donc énoncer la loi suivante qui trouve son application dans toutes les îles et guirlandes d'îles :

*La volcanicité est proportionnelle à la raideur des versants* (plus exactement des isogéothermes) *et à leur convexité vers la mer.*

La convexité peut être rapportée aussi bien à un axe horizontal qu'à un axe vertical. Le bombement central des océans doit donc être volcanique (axe de l'Atlantique) et le renflement équatorial qui a dû augmenter au cours des âges doit marquer aussi une recrudescence du volcanisme : en effet, par unité de surface entre les tropiques il y a 1 volcan en activité depuis trois siècles contre 0,57 volcan seulement sur le reste de la surface terrestre d'après la statistique de Fuchs. Ce fait peut être rapproché de l'activité solaire des taches concentrées vers l'équateur entre les parallèles $\pm 30°$.

Comment les volcans cessent-ils de fonctionner et présentent-ils des *paroxysmes?* C'est que l'eau de mer contient 3,65 pour 100 de sels qui obstruent temporairement les conduits souterrains, comme ils boucheraient les tubes de vaporisation d'une chaudière. Mais ces sels entre 700° et 800° sont ou volatils ou susceptibles de fusion ignée. Si donc la circulation interne d'eau et de vapeur est arrêtée par obstruction, les couches internes ne sont plus refroidies à 364° : en se réchauffant lentement par conductibilité elles atteindront la température de 700° à 800° suffisante pour déboucher les conduits souterrains.

Alors le volcanisme recommencera : ce mécanisme explique très bien comment une éruption commence par des fumerolles sèches, très chaudes et riches en chlorures. La quantité d'eau émise par l'Etna en 1865, suivant les évaluations de Fouqué, aurait contenu, si elle venait de la mer, assez de sels pour obstruer $40^{km}$ de galeries souterraines ayant $1^{m^2}$ de section.

L'eau de mer, avec les sels volatils, contient aussi un peu de sels fixes calcaires ou magnésiens qui doivent à la longue diminuer la section des conduits souterrains, d'où plus grande facilité d'obstruction par les sels volatils et diminution de la quantité d'eau arrivant au volcan : ainsi les paroxysmes d'un volcan doivent se rapprocher et devenir moins intenses. C'est ce qu'on a observé pour le Vésuve qui, au début de notre ère, a eu une éruption par siècle; au XVII$^e$ siècle en a eu 6, et en a actuellement à peu près le double.

Des modifications pourront sans doute être apportées au bassin de volcanisme expérimental de manière à reproduire, avec de l'eau salée, le phénomène des paroxysmes volcaniques.

BOTANIQUE. — *Les premières divisions de l'œuf et l'origine de l'hypophyse chez le* Capsella Bursa-pastoris *Mœnch*. Note de M. **R. Souèges**, présentée par M. Guignard.

Les auteurs qui se sont occupés de l'embryogénie des Crucifères n'ont pas étudié les premiers cloisonnements de l'embryon ou bien ont émis, sur ce sujet, des opinions contradictoires. Famintzin [1] et M. Schaffner [2] chez le *Capsella Bursa-pastoris*, Riddle [3] chez l'*Alyssum macrocarpum*, Vandendries [4] chez le *Draba verna* et le *Cardamine pratensis* sont les seuls auteurs qui aient pris la cellule-œuf pour point de départ de leurs descriptions. D'après Famintzin, après séparation de la cellule embryonnaire proprement dite par une première cloison transversale, d'autres parois transversales se succèdent, en direction basipète, dans la cellule inférieure; les trois ou quatre cellules ainsi engendrées se cloisonnent à leur tour transversalement. D'après les autres auteurs, la cellule apicale du proembryon bicellulaire se divise transversalement pour donner une cellule embryonnaire proprement dite et une cellule intermédiaire. De cette dernière dérivent l'hypophyse et la plus grande partie du suspenseur. Chez le *Capsella*, comme chez l'*Alyssum*, la cellule basale du proembryon bicellulaire ne subirait aucune division durant tout le cours du développement.

Comme on le voit, ce dernier mode de cloisonnement des premières cellules de l'œuf, s'il est exact, est de nature à modifier, d'une manière profonde, les données généralement admises sur l'origine des diverses parties de l'embryon et de la plante. Il paraissait donc nécessaire d'examiner de nouveau ce sujet et de s'efforcer de saisir le plus grand nombre de figures de caryodiérèse ne laissant subsister aucun doute sur l'ordre et la direction des divisions. Pour ces recherches, j'ai choisi le *Capsella Bursa-*

---

(1) A. Famintzin, *Embryologische Studien* (*Mém. de l'Ac. impériale des Sc. de Saint-Pétersbourg*, 7e série, t. 26, n° 10, 1879, p. 14).

(2) M. Schaffner, *The embryology of the Shepherd's Purse* (*The Ohio Naturalist*, t. 7, 1906).

(3) L.-C. Riddle, *The embryology of* Alyssum (*Bot. Gazet.*, t. 26, 1898, p. 317).

(4) R. Vandendries, *Contribution à l'étude du développement chez les Crucifères* (*La Cellule*, t. 25, 1909).

*pastoris*, plante excessivement favorable à l'observation et devenue depuis longtemps classique pour l'étude des phénomènes embryogéniques.

De cette étude il résulte que les deux cellules du proembryon bicellulaire se divisent, l'une, la cellule basale, en direction verticale; l'autre, la cellule apicale, en direction horizontale. C'est la cellule basale qui se divise la première; la cloison formée est transversale et sépare deux cellules superposées : l'inférieure se segmente encore une fois, dans certains cas deux fois, et donne finalement naissance à une grosse vésicule micropylaire et à deux ou trois éléments du filament suspenseur. La supérieure, ou cellule intermédiaire du proembryon en ce moment tricellulaire, engendre la plus grande partie du filament suspenseur et la cellule hypophysaire. La cellule apicale, en prenant une cloison verticale, s'individualise nettement comme cellule embryonnaire proprement dite.

En somme, la cellule intermédiaire tire son origine, non pas de la cellule apicale, mais de la cellule basale du proembryon bicellulaire.

En suivant pas à pas la marche des cloisonnements dans cette cellule intermédiaire, on peut préciser l'origine de la cellule hypophysaire et déterminer la règle à peu près générale d'après laquelle se succèdent les divisions qui lui donnent naissance. Aux dépens de la cellule intermédiaire se forment généralement six cellules superposées. Les deux plus inférieures proviennent de la division d'une cellule qui est la sœur de la cellule-mère des quatre autres; ces quatre dernières appartiennent à une même génération : la cellule-mère des deux inférieures est sœur de la cellule-mère des deux médianes.

C'est la cellule la plus rapprochée de l'embryon proprement dit qui s'individualise comme hypophyse en prenant une forme bombée supérieurement et en se cloisonnant d'une manière qui lui est propre.

Parfois elle peut encore se diviser, comme les cellules précédentes, par une cloison s'appuyant sur la paroi périphérique du suspenseur. D'autres divisions peuvent aussi se produire dans les éléments placés au-dessous. Dans ce cas, sept cellules, rarement huit, dérivent de la cellule intermédiaire. Ces cas exceptionnels démontrent que l'individualisation de la cellule hypophysaire se trouve quelquefois retardée dans le cours du développement; ils ne permettent pas, par conséquent, de connaître toujours l'âge de cette cellule, mais n'empêchent nullement de se rendre compte de son mode général de formation.

En résumé, ces recherches définissent le rôle que jouent les deux cellules

inférieures de la tétrade proembryonnaire dans la construction de l'embryon chez le *Capsella Bursa-pastoris* (1).

A 15 heures trois quarts l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 heures et quart.

A. Lx.

---

(1) Les observations résumées dans cette Note seront publiées, avec figures à l'appui, dans un autre Recueil.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 14 AOUT 1916.

PRÉSIDENCE DE M. PAUL APPELL.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

### DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

DÉMOGRAPHIE. — *Des conditions qui influent sur l'écart mensuel moyen de la natalité.* Note de M. **Charles Richet**.

I. Nous avons montré dans une précédente Communication ([1]) que le maximum mensuel de la natalité dépend du climat, c'est-à-dire sans doute de la température, au moins pour le moment où il se produit. Nous examinerons aujourd'hui l'*écart mensuel moyen de la moyenne*, en supposant le nombre des naissances égal à 12000 par an :

| | Écart mensuel moyen pour 12000 naissances annuelles (1901-1910). | Natalité pour 10000 habitants (1910). |
|---|---|---|
| Japon | 157 | 354 |
| Bulgarie ([3]) | 134 | 409 |
| Serbie | 128 | 398 |
| Roumanie ([2]) | 86 | 407 |
| Russie ([3]) | 85 | 477 |
| Espagne | 85 | 353 |
| Italie | 53 | 341 |
| Hongrie | 49 | 362 |
| Uruguay ([4]) | 46 | 341 |

---

([1]) *Comptes rendus*, t. **163**, 1916, p. 141-149.

([2]) Pour la période 1891 à 1900.

([3]) Pour la période 1901 à 1906.

([4]) Pour la période 1906 à 1910.

| | Écart mensuel moyen pour 12000 naissances annuelles (1901-1910). | Natalité pour 10000 habitants (1910). |
|---|---|---|
| Maine | 45 | 223 |
| France | 43 | 216 |
| Belgique (¹) | 42 | 290 |
| Finlande | 37 | 319 |
| Danemark | 37 | 293 |
| Suède | 35 | 264 |
| Écosse | 35 | 284 |
| Norvège (¹) | 33 | 282 |
| Autriche | 32 | 356 |
| Nouvelle-Galles du Sud | 31 | 271 |
| Suisse (²) | 28 | 275 |
| Connecticut | 26 | 250 |
| Allemagne | 25 | 340 |
| Massachusetts | 20 | 273 |

On voit tout de suite, en étudiant ce Tableau, qu'en général les pays à forte natalité ont un écart mensuel moyen considérable.

Afin de donner à cette relation entre la natalité et l'écart mensuel moyen une précision objective, nous ferons deux groupes selon que la natalité est au-dessus ou au-dessous de 350 naissances annuelles par 10000 habitants. En outre nous donnerons au chiffre qui représente l'écart mensuel moyen un coefficient qui sera celui du nombre annuel absolu des naissances.

1° Natalité au-dessous de 350 pour 10000 habitants :

Écart mensuel moyen .......... **36,8**

(pour environ 4770000 naissances annuelles).

2° Natalité au-dessus de 350 pour 10000 habitants (³) :

Écart mensuel moyen .......... **78,0**

(pour environ 7920000 naissances annuelles).

---

(¹) Pour la période 1901 à 1906.

(²) Pour la période 1891 à 1900.

(³) Avec le Japon l'écart mensuel moyen serait 91,9 pour 9620000 naissances annuelles. Mais les conditions de race et de civilisation du Japon sont trop différentes pour qu'on ne doive le séparer des autres nations européennes.

On remarquera aussi que, dans la vaste Russie, où des populations très diverses

Donc, dans les pays à forte natalité, *l'écart mensuel moyen est plus de deux fois plus grand que dans les pays à natalité faible.*

II. Nous trouvons une importante confirmation de cette loi en comparant le décroissement (avec le temps) de l'écart mensuel moyen avec le décroissement de la natalité ([1]).

| | Années. | Natalité (pour 10000 habitants). | Écart mensuel moyen (pour 12000 naissances annuelles). |
|---|---|---|---|
| Hongrie | 1876-1880 | 440 | 74 |
| | 1901-1910 | 370 | 49 |
| Serbie | 1891-1880 | 417 | 143 |
| | 1906-1910 | 389 | 143 |
| Allemagne | 1872-1880 | 391 | 29 |
| | 1901-1910 | 320 | 27 |
| Espagne | 1863-1870 | 379 | 62 |
| | 1901-1910 | 344 | 85 |
| Italie | 1871-1880 | 369 | 54 |
| | 1901-1910 | 327 | 54 |
| Finlande | 1881-1890 | 350 | 38 |
| | 1906-1910 | 312 | 29 |
| Suède | 1861-1869 | 330 | 53 |
| | 1906-1910 | 260 | 37 |
| Danemark | 1860-1869 | 329 | 57 |
| | 1906-1910 | 289 | 38 |
| Norvège | 1871-1880 | 310 | 49 |
| | 1901-1910 | 274 | 39 |
| Belgique | 1881-1890 | 302 | 43 |
| | 1901-1905 | 261 | 40 |
| France | 1856-1865 | 263 | 48 |
| | 1906-1908 | 208 | 45 |

En calculant cette décroissance pour des périodes de 5 ans, on a :

vivent à des latitudes très différentes, l'écart mensuel apparent total est inférieur certainement à ce qu'il serait en réalité pour ces populations considérées isolément. Il se fait des compensations qui diminuent les écarts de chaque mois.

([1]) Nous ne donnons dans le Tableau suivant que les pays européens et ceux pour lesquels la natalité mensuelle a pu être calculée au moins à 20 ans de distance.

| | Décroissance pour 100 de la natalité. | Décroissance pour 100 de l'écart moyen. |
|---|---|---|
| Belgique | 3,5 | 1,5 |
| Hongrie | 3,3 | 6,7 |
| Allemagne | 3,1 | 1,7 |
| Suède | 2,4 | 3,3 |
| Finlande | 2,2 | 4,6 |
| France | 2,1 | 0,8 |
| Serbie | 2,1 | » |
| Norvège | 1,9 | 3,5 |
| Italie | 1,6 | » |
| Danemark | 1,2 | 3,8 |
| Espagne | 1,2 | —4,5 |

Ainsi l'écart moyen mensuel va en décroissant à peu près comme la natalité.

III. J'ai cherché à voir si cette relation entre la natalité et l'écart mensuel moyen se retrouvait pour les divers départements de France. Elle n'apparaît pas nettement pour les douze années que j'ai calculées (1890-1901).

La moyenne de l'écart mensuel des 86 départements étant de 54 ([1]), voici les départements où l'écart est au-dessus de 70 :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Creuse | 102 | Pyrénées-Orientales | 75 |
| Corse | 97 | Basses-Alpes | 75 |
| Morbihan | 93 | Dordogne | 72 |
| Aude | 92 | Vienne | 71 |
| Tarn-et-Garonne | 91 | Tarn | 71 |
| Vaucluse | 82 | Yonne | 70,3 |
| Finistère | 79 | Aisne | 70,3 |

On remarquera que dans ces quatorze départements, il n'y a qu'une seule ville de plus de 50000 habitants (Brest).

Au contraire, si nous prenons les treize départements dont l'écart mensuel est inférieur à 40, nous trouvons les plus grandes villes de France (sauf Marseille) et quatorze villes de plus de 50000 habitants :

([1]) L'écart mensuel moyen des départements est différent de l'écart mensuel moyen total de la France; car chaque département est alors pris pour une unité, quel que soit le chiffre absolu des naissances.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Hérault | 39 | Gard | 36 |
| Nord | 38 | Landes | 33 |
| Gironde | 38 | Seine | 32 |
| Lozère | 37 | Haute-Loire | 31 |
| Manche | 37 | Rhône | 31 |
| Hautes-Pyrénées | 37 | Loire | 29 |
| Pas-de-Calais | 37 | | |

On peut donc dire que dans les grandes villes l'écart mensuel moyen est notablement plus faible que dans les campagnes. Mais cette loi comporte des exceptions. Ainsi, dans les Landes et la Lozère, la population rurale est en grand excès sur la population urbaine, et cependant l'écart mensuel y est très faible.

On sait que les statistiques françaises donnent l'état d'instruction des époux, facile à apprécier suivant qu'ils ont à la mairie, au jour du mariage, signé de leur nom, ou simplement fait une croix. On peut ainsi assez exactement savoir la proportion des illettrés parmi les époux. Or les trois départements les plus illettrés [Finistère, Morbihan, Corse (55, 51 et 48 pour 100 d'époux illettrés)] ont un écart moyen qui est énorme, le double de l'écart moyen français.

Mais on ne peut pousser la comparaison plus loin; car on trouverait bientôt des départements où la proportion des illettrés est très forte (Corrèze, 44; Haute-Vienne, 44; Landes, 37) et où cependant l'écart moyen est très faible.

IV. En résumant ce que nous avons dit dans le cours de ce travail et dans la Communication précédente, nous trouvons trois faits, trois phénomènes simultanés, qui se produisent régulièrement dans tous les pays depuis 50 ans :

1° Décroissance de la natalité (¹);

2° Diminution de l'écart mensuel moyen;

3° Retard croissant du jour probable maximum des naissances (à partir du 1er janvier, pris comme origine).

Pour bien comprendre le sens de ces trois lois, il suffira de se rendre compte que la natalité d'un pays est régie par deux conditions souvent

(¹) Il s'agit, bien entendu, de la natalité proportionnelle à la population, et non du nombre absolu des naissances.

antagonistes; une condition d'ordre physiologique, qui est l'aptitude de la femme à être fécondée; une autre condition, d'ordre psychologique, qui est la volonté, bien arrêtée, des époux de restreindre cette fécondité même.

S'il n'y avait aucune limitation volontaire aux conceptions, comme c'est sans doute plus ou moins le cas pour les populations paysannes de la Russie, de la Bulgarie, de la Serbie, la natalité serait trois ou quatre fois plus forte qu'elle n'est en France, en Grande-Bretagne et même en Allemagne; elle serait dans les grandes villes égale à celle des campagnes; elle serait la même pour les lettrés et les illettrés, et l'écart mensuel moyen serait très fort, révélant l'aptitude plus grande de la femme à être fécondée à certaines époques. Mais la volonté des époux intervient, et, comme le nombre des naissances est le nombre voulu, accepté, il n'y a pas de raison pour qu'il y ait plus de naissances à tel ou tel mois qu'à tel autre (1).

Donc la diminution de l'écart moyen mensuel révèle avec une netteté inflexible à quel point la volonté égoïste des époux limite de plus en plus le nombre des naissances.

Il faut espérer que, par des réformes sociales (2) prochaines, on arrivera à augmenter notre natalité française, si misérable, si lamentable. Alors on verra certainement croître l'écart moyen mensuel. Car ce qui alors déterminera le nombre des naissances, ce sera un phénomène physiologique, la fécondité de la femme, plus marquée à certaines époques de l'année, et non plus un phénomène psychologique, le consentement à la natalité, phénomène pour lequel il n'y a évidemment pas de variation mensuelle.

## CORRESPONDANCE.

M. Chaumont adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée aux travaux de son fils Louis Chaumont, mort au champ d'honneur.

---

(1) Évidemment il ne faut pas tenir compte des ménages qui, pour diverses raisons (à coup sûr non volontaires), sont stériles. Avec Ad. Pinard nous avons établi que la proportion des ménages stériles, quelle qu'en soit la cause, était dans tous les pays à peu près la même, de 15 pour 100 environ.

(2) Surtout un secours pécuniaire *important*, une prime, au moment de la naissance de chaque enfant.

M[lle] **D. Ioteyko**, M. **E. Doublet** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

*Recherches physiologiques sur la moule comestible de Provence* (*Mytilus gallo-provincialis* L.) *et sur la mytiliculture en Méditerranée*, par Henri Marchand.

ACOUSTIQUE. — *Sur les coups de canon et les zones de silence.* Note (¹) de M. **Ernest Esclangon.**

La question de la distance à laquelle on peut entendre le canon a été très discutée en ces derniers temps, mais il semble que l'on n'ait pas précisé suffisamment jusqu'ici la nature des phénomènes envisagés.

On peut classer les *détonations* perçues en trois catégories. La première catégorie A comprend les détonations provenant de la brusque expansion des gaz à la bouche des canons. Ce sont les « coups de canon » proprement dits.

La deuxième catégorie B comprend les détonations provenant du sillage aérien des projectiles animés de vitesses initiales supérieures à la vitesse du son, vitesses satisfaisant ordinairement à cette condition (les obusiers exceptés) dans l'Artillerie moderne.

La troisième catégorie C comprend les explosions de projectiles. Nous ne parlons pas du sifflement qui n'est pas une détonation et dont la portée acoustique est beaucoup plus limitée.

Près du front, ces trois sortes de détonations sont évidemment perçues, mais à mesure qu'on s'en éloigne certaines d'entre elles disparaissent. Or celles qui, au point de vue acoustique, ont un caractère de beaucoup dominant, proviennent du sillage aérien des projectiles.

Si l'on imaginait que ceux-ci fussent projetés à l'aide de mécanismes silencieux, qu'en outre ils n'éclatent pas, des observateurs placés à $30^{km}$ du front percevraient exactement les mêmes bruits que ceux réellement entendus.

(¹) Séance du 31 juillet 1916.

Les détonations appartenant aux catégories A et C (coups de canon et explosion de projectiles) sont habituellement éteintes à cette distance; mais celles de la classe B se propagent au contraire à des distances considérables, surtout avec les gros projectiles, très aisément à $50^{km}$, $100^{km}$ et même $200^{km}$. Quant aux « coups de canon » proprement dits, *ils s'éteignent rapidement, et à* $30^{km}$ *il est tout à fait exceptionnel qu'on puisse les entendre, même avec les plus gros calibres.*

C'est dire que, dans les bruits perçus à $50^{km}$, $100^{km}$ et $200^{km}$ du front, les canons eux-mêmes n'y sont en réalité pour rien.

Ces conclusions, faits courants d'observation, sont peu compatibles avec certaines explications qu'on a données des zones de silence, notamment la propagation par le sol, puisque les sons entendus à grande distance du front correspondent à des centres d'ébranlements ayant leur siège dans l'atmosphère, souvent à très haute altitude. L'existence effective et habituelle des zones de silence reste d'ailleurs encore à établir.

Elle n'est pas impossible cependant, et à notre avis l'explication en est assez simple.

On sait que l'atmosphère est le siège de mouvements [1] importants et variables suivant les conditions météorologiques. Le vent notamment change souvent de vitesse et de direction avec l'altitude. Or des calculs que nous ne pouvons reproduire ici montrent qu'avec des conditions météorologiques réellement existantes, les « rayons sonores » issus d'un point admettent des caustiques. Il est clair que pour des observateurs situés sur une caustique, l'intensité sera considérablement renforcée. On pourra ainsi percevoir des sons en certains points, alors qu'à des distances beaucoup moindres, le phénomène restera imperceptible.

Nous donnerons seulement ici un exemple d'existence de caustique sonore. Si une couche d'air calme est surmontée d'une couche dont la vitesse croît avec l'altitude, les rayons sonores issus d'un point du sol admettent une enveloppe qui rencontre le sol [2]. La couche d'inversion thermique notamment, située à $13000^{m}$ d'altitude, possédant une circulation spéciale, indépendante des mouvements assez variables de la basse

---

(1) Il est facile de montrer que la température seule ne pourrait, en raison des variations qu'elle présente effectivement dans l'atmosphère, donner lieu à des caustiques à « longue portée ».

(2) Il y aurait ainsi des zones de renforcement, mais non dans tous les sens autour du centre d'ébranlement.

atmosphère, peut être une cause assez fréquente de zones de silence, ou plus exactement de zones de renforcement.

Pour les sons B, provenant du sillage des projectiles, de beaucoup les plus importants, le problème est plus compliqué, en ce sens que les rayons sonores ne sont pas issus d'un même point dans tous les sens. Néanmoins il peut exister des caustiques qui, en outre des circonstances météorologiques, dépendent de la trajectoire des projectiles.

ÉLECTRICITÉ. — *Dilatation électrique des isolants solides dans le sens normal à un champ électrostatique.* Note (¹) de M. L. **Bouchet**, transmise par M. E. Bouty.

Righi, Quincke puis Cantone et Pozanni (²) ont bien mesuré la dilatation du verre sous l'influence d'un champ électrostatique, mais leurs résultats sont discordants.

J'ai repris les expériences sur le verre et continué les recherches sur la paraffine et l'ébonite (demi-durci).

Un condensateur cylindrique est constitué par deux tubes de laiton coaxiaux, dont l'un est soudé normalement à une plaque métallique et l'autre isolé par un support d'ébonite vissé à la plaque. Le tube isolant, fixé par le bas avec de la paraffine, est installé entre les tubes de laiton; il en est séparé par des intervalles qu'on remplit d'eau bouillie. En somme, c'est l'eau qui joue le rôle d'armatures.

Le condensateur, associé à plusieurs jarres, est chargé avec une machine Voss et les tensions sont appréciées à l'aide d'un micromètre à étincelles taré. On mesure les allongements, par le déplacement de franges d'interférence obtenues entre une lentille plan-convexe et un léger plan de verre mastiqué à l'extrémité libre de l'isolant.

Avec le même dispositif, légèrement modifié, j'ai utilisé la méthode des franges pour la détermination des modules d'élasticité par traction de l'isolant.

*Résultats.* — 1° Sur toutes les substances, en excitant le champ, j'ai observé des dilatations variables avec la durée de la charge et la nature du solide.

Le Tableau ci-après contient : les variations unitaires de longueur des isolants, rapportées à un champ unité, et les inverses des modules d'Young,

---

(¹) Séance du 7 août 1916.

(²) **Righi**, *Sulla dilatazione dei coibenti armati per effetto della carica* (*Mem. di Bologna*, t. 10, p. 407). — **Quincke**, *Wied. Annalen*, t. 10, 1880 et t. 19, 1883. — **Cantone** et **Pozzani**, *Rendiconti del R. Istituto lombardo*, 2ᵉ série, t. 33, 1900.

déduits des déformations électriques et mécaniques; les températures et les durées de charge, pour ces deux modes de déformations, étant les mêmes.

*Tableau des variations unitaires de longueur ramenées à un champ*

$$H = \frac{V}{l} = 1 : \left(\frac{\Delta l}{l}\frac{1}{H^2}\right),$$

*et des modules d'élasticité.*

| Nature de l'isolant. | Nos des tubes. | Dimensions : Diamètres intérieurs. | Épaisseurs $e$. | Longueurs utiles $l$. | Températures. | Durées de charge. | Variations unitaires de longueurs moyennes : $\frac{\Delta l}{l}\frac{1}{H^2}$. | Inverses des modules d'Young : $\frac{1}{E}$. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Verre... | 1. | 1,45 cm | 0,045 cm | 40 cm | 15° | 15 s | $5,2 \times 10^{-13}$ | $1,5 \times 10^{-12}$ |
| | 2. | 1,44 | 0,051 | 35 | 16 | 15 | $5,45 \times 10^{-13}$ | $1,5 \times 10^{-12}$ |
| | | | | | | | | non mesurés |
| Paraffine. | 1. | 1,3 | 0,2 | 40 | 24 | 35-40 | $8,4 \times 10^{-11}$ | $8,7 \times 10^{-10}$ |
| | 2. | Un deuxième tube de mêmes dimensions a donné sensiblement les mêmes résultats. | | | | | | |
| Ébonite (demi-durci)... | 1. | 1,40 | 0,13 | 35 | 12 | 20 | $5,85 \times 10^{-12}$ | $3,5 \times 10^{-11}$ |
| | 2. | 1,42 | 0,06 | » | 14 | » | $5,85 \times 10^{-12}$ | $4,9 \times 10^{-11}$ |
| | 3. | 1,39 | 0,12 | » | 18 | » | $1,14 \times 10^{-10}$ | $5,8 \times 10^{-10}$ |
| | 4. | 1,45 | 0,09 | » | 12 | » | $8,5 \times 10^{-12}$ | $4,2 \times 10^{-11}$ |

Du rapprochement des déformations électriques réduites et des modules d'élasticité, il ressort que les dilatations croissent en même temps que les inverses des modules d'Young et pour les quatre tubes d'ébonite [1], les allongements sont sensiblement proportionnels à $\frac{1}{E}$. Ce résultat laisse entrevoir qu'il y a dépendance entre les déformations électriques et les modules d'élasticité.

2° Les actions extérieures, telles les pressions électrostatiques, ne produisent aucun effet sensible sur l'allongement de l'isolant. Mais on peut imaginer des tensions normales au champ qui, d'après Maxwell, auraient pour valeur $\frac{KH^2}{8\pi}$, où K désigne le pouvoir inducteur spécifique de la matière et H le champ.

---

(1) J'ai pu faire varier les paramètres élastiques de l'ébonite dans d'aussi larges limites par une cuisson de la matière dans un bain de paraffine.

Grâce à cette hypothèse et en prenant comme pouvoirs inducteurs spécifiques (¹) les nombres suivants :

| Verre. | Paraffine. | Ébonite. |
|---|---|---|
| K = 2,5 | K = 2,3 | K = 3 |

j'ai calculé les dilatations qu'on devrait observer. Aux erreurs d'expériences près, on interprète ainsi exactement les résultats relatifs à la paraffine, que l'isolant soit ou non en contact avec les armatures.

Le désaccord est au contraire très marqué pour l'ébonite et surtout pour le verre, pour lequel les allongements observés sont environ quatre fois plus grands que les nombres calculés.

Il convient de remarquer que ces deux dernières substances ne réalisent pas le diélectrique parfait.

RADIOLOGIE. — *Recherches théoriques et expérimentales sur les bases de la dosimétrie radiologique.* Note (²) de MM. **R. Ledoux-Lebard** et **A. Dauvillier**, présentée par M. Villard.

Dans une précédente Note (³) nous avons décrit un procédé d'alimentation des tubes à radiothérapie qui permet la mesure exacte des facteurs de l'énergie dépensée dans l'ampoule et la possibilité de se replacer toujours dans des conditions identiques au point de vue du rayonnement, grâce à l'emploi du *courant continu à haute tension* facilement obtenu, sous une puissance suffisante, en partant de n'importe quelle installation actuellement existante, par simple addition de capacités secondaires convenables.

Mais les rayons cathodiques homogènes produits dans ces conditions donnent encore naissance à un rayonnement X hétérogène qui est un mélange de rayons caractéristiques secondaires du métal de l'anticathode, de rayons homogènes engendrés lors du premier ralentissement des électrons et enfin d'un rayonnement hétérogène, moins pénétrant, né le long de la trajectoire de l'électron, lors de ses rencontres successives avec les atomes dans les profondeurs de l'anticathode, si bien que l'analyse et le dosage précis du rayonnement demeurent toujours difficiles.

Aussi proposons-nous l'emploi d'ampoules spéciales produisant non plus un spectre mais une raie spectrale, c'est-à-dire fournissant un rayonnement

(¹) La constante du verre est déduite de la relation théorique $K = n^2$; celle de la paraffine a été empruntée aux travaux de M. L. Malclès sur l'ozokérite et de Boltzmann sur la paraffine; j'ai mesuré celle de l'ébonite par une méthode électrométrique.

(²) Séance du 24 juillet 1916.

(³) *Comptes rendus*, t. 162, 1916, p. 405.

monochromatique, ou tout au moins un spectre ne comportant plus qu'un très petit nombre de raies.

Ces ampoules permettraient d'utiliser des rayons secondaires caractéristiques (série K de Barkla et Sadler) excités par un double rayonnement dirigé et caractéristique convenable, lui-même produit par le faisceau cathodique homogène que fournit la tension continue.

Les modèles de tubes actuellement en usage dans lesquels le rayonnement cathodique est produit par le bombardement dû à l'afflux ne sauraient convenir, par suite de leur instabilité, à la production de ces rayons. Nous ne considérerons donc plus désormais que des tubes à vide très poussé et à cathode chaude (Coolidge).

Il faut de plus abandonner le principe, indispensable en radiographie, d'un foyer d'émission punctiforme, et c'est sur la surface entière de l'anticathode, dont nous utiliserons le rayonnement total, que nous ferons agir les électrons par choc normal.

Enfin, les rayons X les plus pénétrants, c'est-à-dire ceux qui se rapprochent le plus des rayons $\gamma$, semblant offrir en radiothérapie des avantages particuliers, nous utiliserons les rayonnements les plus pénétrants qu'il soit actuellement possible de produire, donnant par cela même à l'anticathode un rendement inusité.

Soit A le métal que nous choisissons pour anticathode; désignons son poids atomique par $P_A$. Si nous faisons agir sur sa surface des électrons dont la vitesse est juste suffisante pour exciter la fluorescence K de A, nous obtiendrons un spectre qui peut être analysé en deux constituants (*fig.* 1):

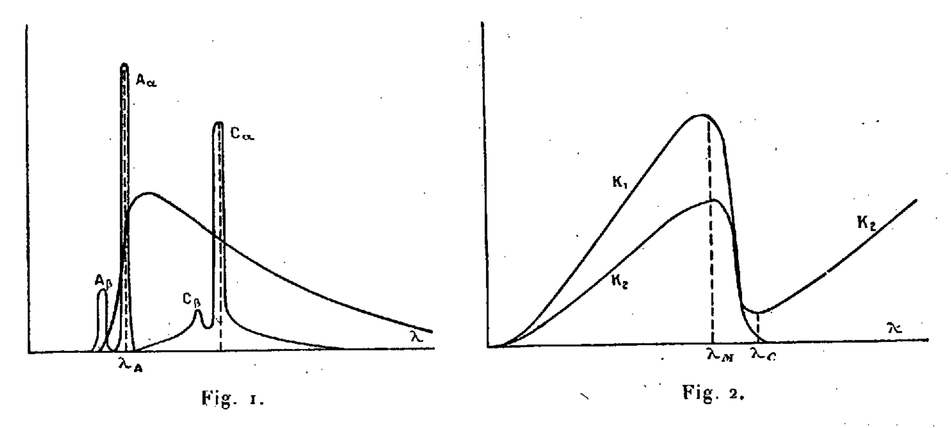



Fig. 1. Fig. 2.

un spectre continu produit ainsi qu'il a été dit plus haut et deux ou plusieurs raies de fluorescence $A_\alpha$ et $A_\beta$ s'y superposant. L'énergie émise passera dans ce spectre par un maximum correspondant à peu près à la raie $\alpha$, soit pour la longueur d'onde $\lambda_\alpha$.

Soit d'autre part (*fig.* 2) un métal C de poids atomique $P_C$ inférieur à $P_A$ et ayant un rayonnement caractéristique pour lequel le coefficient d'émis-

sion est $K_1$, les abscisses représentant la longueur d'onde du rayonnement incident pour lequel le coefficient d'absorption de C est $K_2$.

On voit que $\lambda_C$ étant la longueur d'onde (moyenne ou raie $\alpha$) du rayonnement fluorescent de C, ces coefficients passent par un maximum très accusé pour une certaine valeur $\lambda_M$ de $\lambda$.

Si donc, tout en satisfaisant à la relation $P_A > P_C$ nous choisissons C de telle façon que $\lambda_A = \lambda_M$, nous pourrons exciter le spectre de haute fréquence (*fig.* 1) de C par celui de A avec un rendement particulièrement élevé. Ce spectre sera, comme on le voit, réduit à deux ou plusieurs constituants simples ($C_\alpha$, $C_\beta$) et sera ainsi beaucoup plus pur que le spectre primitivement obtenu de A.

La figure 3 représente schématiquement un tube reposant sur les principes que nous

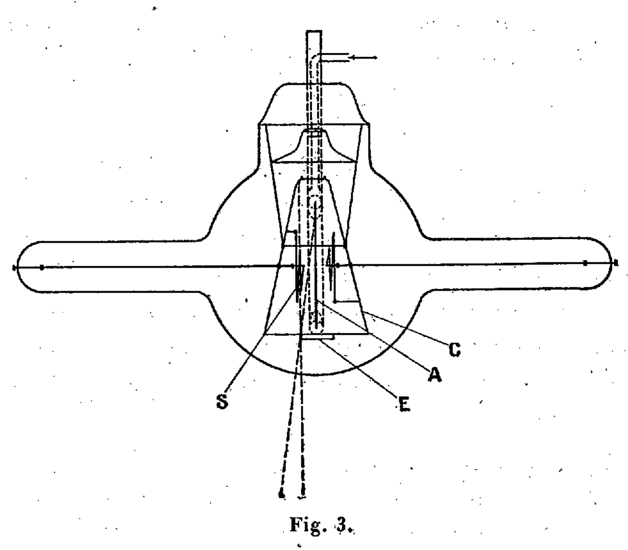



Fig. 3.

venons d'énoncer. SS sont de larges spirales convexes de tungstène placées de part et d'autre et très près d'un disque mince anticathodique A. Celui-ci est serti dans un tube de cuivre parcouru par un courant d'eau qui en assure le refroidissement; un écran opaque T évite qu'une partie du rayonnement de A ne se propage vers le bas. Le tout est recouvert d'une cloche C faite du métal C ou revêtue intérieurement d'un composé de ce métal (d'un alliage de celui-ci dans le cas où l'on désirerait obtenir la superposition de deux spectres). Cette cloche est isolée de A et se trouve portée au potentiel des cathodes; elle agit donc, par suite du champ directeur qu'elle crée, sur le rayonnement électronique des spirales chaudes. La surface de celles-ci étant très petite on peut négliger le rayonnement qu'elles sont capables, par diffusion ou fluorescence, de projeter vers le bas et la cloche devient ainsi une large source diffuse de rayonnement de fluorescence.

Comme il paraît vraisemblable que les rayons X de diverses longueurs

d'ondes ne possèdent pas des propriétés thérapeutiques identiques, une série de tubes de ce genre permettrait de choisir dans chaque cas clinique le rayonnement le plus efficace en éliminant toutes les radiations inutiles ou nuisibles que fournissent les tubes actuels. Les conditions de marche sur courant continu étant parfaitement définies, le radiologiste pourrait très bien les déterminer de façon à obtenir toujours un fonctionnement et par suite un rayonnement identiques.

Le tube ayant été spectro-radiométré une fois pour toutes par son constructeur, le problème du dosage ne se représenterait plus et les seules mesures à effectuer se réduiraient à la lecture de l'intensité et du temps, la vérification de la tension étant effectuée.

PATHOLOGIE. — *Présence de microrganismes vivants et virulents à la surface de projectiles inclus dans des tissus cicatrisés.* Note (¹) de MM. **Ed. Lesné** et **Phocas**, présentée par M. Charles Richet.

Sans cause apparente ou sous l'influence d'un traumatisme, il n'est pas exceptionnel d'observer des signes d'inflammation ou de suppuration au niveau de fragments d'obus ou de balles enfouis depuis longtemps dans des tissus qui jusqu'alors les toléraient sans réaction.

Nous avons pu démontrer que des *microrganismes vivants, et même virulents existaient à la surface des projectiles, alors que la plaie d'entrée était complètement cicatrisée depuis plusieurs mois, et que la blessure datait de* 1 *à* 7 *mois* [2].

Chez 24 blessés des projectiles ont été extraits avec des précautions d'asepsie aussi parfaite que possible, et immédiatement après ont été placés en bouillon peptoné. Les cultures ont, dans un certain nombre de cas, été inoculées sous la peau de cobayes, et de petits éclats ont été, après laparatomie aseptique, introduits dans la cavité péritonéale de cobayes.

*Deux fois* les projectiles n'ont pas fertilisé le bouillon.

*Quinze fois* apparurent en 24 ou 48 heures *des cultures de microbes divers,* tels que staphylocoques dorés, streptocoques, tétragènes et sarcines [3].

---

[1] Séance du 7 août 1916.

[2] Ces expériences étaient en cours lorsque nos amis Lecène et Frouin présentèrent à l'Académie des Sciences (séance du 1er mai 1916), un travail sur ce même sujet. Leurs conclusions sont du même ordre que les nôtres.

[3] Dans *deux cas* apparurent dans le bouillon des cultures pures de bacille d'Eberth; les projectiles avaient séjourné trois mois dans les téguments. Ces deux blessés avaient présenté, un mois avant l'intervention, une affection fébrile que l'on peut qualifier de *fièvre typhoïde*. Ce diagnostic rétrospectif fut confirmé par une séro-réaction positive.

Enfin nous avons pu démontrer que ces microrganismes étaient parfois *virulents*.

*Quatre cultures* âgées de 24 à 48 heures, provenant de blessés différents, furent inoculées sous la peau de quatre cobayes; l'un mourut en 24 heures, et un second en 48 heures, de septicémie staphylo-streptococcique; le troisième eut un gros abcès sous-cutané au point d'inoculation et le pus renfermait du staphylocoque doré en culture pure; le quatrième ne présenta aucun accident.

*Cinq fois*, immédiatement après extraction, de petits éclats d'obus ont été introduits dans la cavité péritonéale de cobayes; deux animaux succombèrent, l'un en 2 jours, l'autre en 7 jours, avec des lésions de péritonite purulente généralisée, sans perforation intestinale; trois autres supportèrent ce traumatisme et après un mois ne paraissaient pas en souffrir; dans ces trois cas les microbes étaient sinon absents, du moins dénués de virulence pour le cobaye.

Ces expériences démontrent la réalité du *microbisme latent* (A. Verneuil), puisque à la surface des projectiles siègent des microbes dans des tissus cicatrisés depuis longtemps.

La conclusion qui s'impose est d'extraire les projectiles même lorsqu'ils sont bien tolérés depuis plusieurs mois, et de traiter la plaie opératoire comme une plaie infectée.

M. le colonel **Monteil** adresse : *Quatre démonstrations* nouvelles *entraînant la vérification* directe *de la valeur* : $\pi R = R\sqrt{3} + R\sqrt{2}$.

(Renvoi à la Section de Géométrie.)

M. N. **Agronomof** adresse une Note intitulée : *Sur quelques théorèmes d'analyse indéterminée.*

(Renvoi à l'examen de M. Humbert.)

A 15 heures trois quarts, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 heures.

A. Lx.

## BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS DANS LES SÉANCES DE JUIN 1916.

*Œuvres de G.-H. Halphen*, publiées par les soins de C. JORDAN, H. POINCARÉ, É. PICARD, avec la collaboration de E. VESSIOT; t. I. Paris, Gauthier-Villars, 1916; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Émile Picard.)

Annales du Musée d'Histoire naturelle de Marseille; Tome XIII : *L'origine de Marseille, fondation des premiers comptoirs ioniens de Massalia vers le milieu du* VII<sup>e</sup> *siècle, résultats de fouilles archéologiques exécutées à Marseille dans le fort Saint-Jean*, par G. VASSEUR. Marseille, Moullot, 1914; 1 vol. in-4°. (Hommage de M<sup>me</sup> V<sup>ve</sup> Vasseur.)

*Atti dell' Instituto botanico dell' Università di Pavia*, redatti da GIOVANNI BRIOSI; series secunda, vol. quinto e dodicesimo. Milano, Rebeschini e B., 1899 e 1915; 2 vol. in-4°.

*Flore complète illustrée en couleurs de France, Suisse et Belgique*, par GASTON BONNIER; fasc. 21 à 30. Paris, E. Orlhac, s. d.; 10 fasc. in-f°. (Présenté par l'auteur.)

*Régime des vents et marche des cyclones dans les parages de l'Archipel des Tuamotu*, par CH. MARCADÉ; extrait des *Annales hydrographiques*, 1915. Paris, Imprimerie nationale, 1915; 1 fasc. in-8°. (Présenté par M. Bigourdan.)

(*A suivre.*)

## ERRATA.

(Séance du 7 août 1916.)

Note de M. *Charles Richet*, De la variation mensuelle de la natalité :

Page 144, ligne 6, *au lieu de* légitimes, *lire* illégitimes.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 21 AOUT 1916.

PRÉSIDENCE DE M. PAUL APPELL.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MINÉRALOGIE. — *Sur quelques roches volcaniques mélanocrates des Possessions françaises de l'océan Indien et du Pacifique.* Note de M. A. LACROIX.

Au cours de mes recherches sur les laves des Possessions françaises de l'océan Indien et du Pacifique, j'ai rencontré un grand nombre de types mélanocrates qui demandent à être décrits en détail. On sait en effet que les roches de cette nature sont assez rares ou peut-être plus exactement n'ont été jusqu'ici que peu étudiées ; les pétrographes, habitués à spécifier les roches uniquement d'après leur composition minéralogique qualitative, ne les ayant guère distinguées jusqu'ici des laves basaltiques.

Tout d'abord, quelques indications d'ordre général sont nécessaires. Dès 1902, dans mon étude de la province pétrographique d'Ampasindava à Madagascar (¹), généralisant les notions de roches leucocrates et mélanocrates de M. Brögger, j'ai indiqué l'utilité d'établir, dans toutes les familles de roches définies par une même composition minéralogique, cinq grandes divisions : types hololeucocrates, entièrement ou presque entièrement constitués par des minéraux blancs (feldspaths ou feldspathoïdes), leucocrates, mésocrates, mélanocrates et enfin holomélanocrates, exclusivement ou essentiellement formés par des minéraux colorés, en général ferro-magnésiens.

Peu après, MM. W. Cross, Iddings, Pirsson et Washington ont publié (²)

---

(¹) *Nouvelles Archives du Muséum*, 4ᵉ série, t. 4, 1902, p. 161.
(²) *Quantitative classification of igneous rocks*, Chicago, 1903.

leur classification chimico-minéralogique comprenant aussi cinq classes suivant la teneur en éléments ferrugineux, mais ils ont considéré, non plus la composition minéralogique exprimée, mais une composition minéralogique théorique déduite de l'analyse par le calcul. Ce n'est donc plus une classification des *roches*, mais une classification de leurs *magmas;* elle présente d'ailleurs un très grand intérêt à divers points de vue et depuis lors je n'ai cessé de m'en servir comme adjuvant de la classification minéralogique; il paraît toutefois nécessaire d'introduire dans cette dernière des notions plus précises de quantité; c'est ce que je ferai dans ce qui va suivre. Pour les raisons développées par les savants américains, je pense que dans une classification pétrographique, quel qu'en soit le point de départ, les limites des divisions ne peuvent être qu'arbitraires et qu'il y a avantage à leur donner une rigidité comparable à celle de l'échelle du thermomètre.

J'adopterai, pour les subdivisions des groupes *minéralogiques*, les mêmes valeurs que dans la classification *chimico-minéralogique;* mes roches hololeucocrates seront celles renfermant moins de 12,5 [1] pour 100 d'éléments colorés *exprimés;* les leucocrates en renferment de 12,5 à 37,5; les mésocrates de 37,5 à 62,5; les mélanocrates de 62,5 à 87,5; enfin les hololeucocrates moins de 87,5. Cette communauté d'échelle a l'avantage d'établir une coïncidence assez grande entre les deux premières classes des deux classifications, mais il est bien évident que cette coïncidence s'atténue de plus en plus à mesure qu'augmente le pourcentage des éléments colorés; ceux-ci en effet sont surtout des micas, des pyroxènes et des amphiboles, c'est-à-dire des minéraux plus ou moins alumineux, et l'on sait que le principe du calcul de la composition virtuelle d'un magma consiste à attribuer l'alumine aux alcalis d'abord et à de la chaux ensuite pour obtenir des feldspathides : la quantité de feldspaths calculés indiquera donc toujours le maximum de ce que pourrait fournir le magma dans les conditions les plus favorables à la production de ces minéraux. Je désignerai dorénavant sous le nom de feldspaths *potentiels* la différence numérique existant entre les proportions des feldspaths *virtuels* (calculés) et celles des feldspaths *exprimés;* cette notion de feldspaths potentiels fournit la mesure de l'alumine contenue dans les éléments ferro-magnésiens et c'est celle-ci qui est le grand facteur de la différence de composition minéralogique existant souvent entre les formes grenues et les formes microlitiques prenant naissance par consolidation d'un même magma (de composition chimique

(1) Voir (*op. cit.*) les raisons qui ont guidé dans le choix de ces nombres.

constante). J'appellerai types *hétéromorphes* les roches de *composition minéralogique différente* présentant une *composition chimique analogue*.

Trois exemples empruntés à quelques-unes de mes observations antérieures feront bien comprendre ma pensée. J'ai rencontré dans les Pyrénées, au milieu des lherzolites, des traînées et des filons de roches grenues, essentiellement constituées par du diopside, de la bronzite, un grenat et un spinelle : ces roches ne sont pas des pyroxénolites ordinaires, car elles renferment jusqu'à 17 pour 100 d'alumine, et en même temps beaucoup de chaux. Leur composition virtuelle fournit jusqu'à 30 pour 100 d'anorthite qui, on le voit, reste entièrement à l'état potentiel. Il existe des gabbros et des basaltes ayant la même composition chimique; d'autre part, en fondant ces roches spéciales, que j'ai appelées des *ariégites*, il est possible de faire cristalliser du plagioclase en même temps que de l'olivine et de l'augite. Les ariégites sont des types hétéromorphes de certains gabbros. De même, la sommaïte, que j'ai trouvée en blocs à la Somma, est une sorte de monzonite, dans laquelle la potasse se trouve dans de l'orthose qui est associée à de l'anorthite, à de l'augite et à beaucoup d'olivine; cette roche est hétéromorphe de certaines leucittéphrites microlitiques épanchées du même volcan dans lesquelles toute la potasse a servi à former de la leucite, accompagnée de labrador, de beaucoup d'augite et de fort peu d'olivine. Enfin, pour la même raison, les ponces leucitiques de Pompéi seront dites hétéromorphes des syénites néphéliniques du type de celle de Beemerville, qui ont sensiblement la même composition chimique, mais sont constituées par de la néphéline et de l'orthose.

Arrivons aux roches qui font plus particulièrement l'objet de cette Note : ce sont des formes mélanocrates de basaltes feldspathiques; elles sont hétéromorphes de péridotites et de pyroxénolites.

*Picrites feldspathiques*. — Le nom de *picrite* est donné actuellement à la forme d'épanchement de certaines péridotites; elles en sont hétéromorphes, car elles renferment toujours des plagioclases qui manquent généralement aux formes grenues de même composition chimique, surtout lorsque celles-ci sont amphiboliques. Pendant longtemps, les picrites n'ont été connues que dans des séries anciennes et par suite à l'état très altéré en raison de leur richesse en péridot; je crois avoir été le premier à décrire ce type pétrographique dans des laves modernes [1]. Elles abondent

[1] *Bull. Soc. géol. France*, t. 10, 1910, p. 119.

à Tahiti; je les ai rencontrées depuis lors à la Réunion dans les laves actuelles du Piton de la Fournaise et aussi dans celles du volcan éteint du massif du Piton des Neiges (Cilaos); enfin elles ont été rencontrées à Hawaï, etc., et il est vraisemblable que l'étude plus approfondie des basaltes très péridotiques permettra de multiplier le nombre de leurs gisements.

Ces picrites feldspathiques sont mélanocrates. Dans les exemples que j'ai étudiés et dont l'analyse est donnée plus loin, la proportion des éléments colorés oscille entre 70 et 85 pour 100; la quantité de péridot est toujours plus considérable que celle du pyroxène, elle atteint jusqu'à 70 pour 100. La structure varie de la microlitique à la doléritique. Dans les types les moins péridotiques, l'olivine et une partie de l'augite sont porphyriques dans une pâte noire, mais quand la proportion du péridot augmente et quand celui-ci devient prédominant, comme dans l'archipel Gambier, tous ses cristaux sont serrés les uns contre les autres et sont seulement cimentés par de grandes plages de plagioclases qui englobent de gros microlites d'augite et d'ilménite et se présentent même en cristaux distincts dans des cavités rappelant celles des basaltes doléritiques très feldspathiques.

Je donne ci-contre les analyses de trois picrites feldspathiques et, en regard, celle d'une péridotite non feldspathique de Madagascar et d'une roche un peu feldspathique (harrisite de la Réunion) qui a une composition comparable. Je fais suivre chacune de ces analyses des paramètres qui les caractérisent dans la classification chimico-minéralogique, mais on remarquera à la suite de ceux-ci, entre crochets et en italiques, d'autres paramètres sur lesquels je dois m'expliquer.

L'un des faits les mieux établis par les recherches récentes est la démonstration de la difficulté d'établir une classification naturelle des roches éruptives, car celles-ci forment des séries continues dans toutes les directions. Malgré cette continuité si évidente, et qu'ils ont d'ailleurs contribué plus que d'autres à démontrer, les auteurs du système chimico-minéralogique ont établi une discontinuité dans leur classification. Les subdivisions de leurs trois premières classes sont basées sur des rapports entre les quantités des minéraux blancs ou des éléments qui entrent dans leur constitution, alors qu'au contraire dans les deux dernières classes, ils n'ont plus considéré que les minéraux ferro-magnésiens ou les éléments chimiques qui les forment.

Cette manière de faire a évidemment ses raisons et certains avantages,

mais elle présente aussi de graves inconvénients, notamment lorsqu'il s'agit de suivre les variations d'une famille minéralogique telle que je la comprends. On peut suppléer à ce défaut en construisant une quatrième classe sur les mêmes principes que ceux qui ont servi à établir les trois premières. C'est celle dont j'inscris les paramètres entre crochets et en *italiques*. Son utilité est surtout grande dans les types mélanocrates les moins pauvres en minéraux blancs et elle s'atténue avec la diminution des alcalis et de la chaux feldspathisable. Quant à la dernière classe, la proportion des feldspathides virtuels est tellement faible qu'il n'y a plus d'intérêt à leur donner un rôle dans la classification.

*Analyses :* de la picrite feldspathique. — *a*. Du Piton de la Fournaise lave moderne (moy. de 2 analyses par M. Boiteau) : [*IV.5.4.4*] IV.(1)(2).4.1'.2.

*b*. De Papenoo (Tahiti) (M. Pisani) (¹) ['*IV.5.'4.4'*]'IV.1'.4.1'.'2.

*c*. De Putua, à Mangareva (Archipel de Gambier) (M. Raoult) : [*IV.5'.3(4).3'*] IV(V).1'.4'.1.(1)(2).

*d*. De la péridotite (wehrlite) des bords de l'Itsindra (Madagascar) (M. Pisani) : [*IV.5.(3)4.4*] IV.1.(3)(4).(1)2.(1)2.

*e*. De la harrisite de la rivière du Mât (Réunion) (M. Boiteau) : [*IV(V).5.4(5).3*] IV.1.4.1'.(1)2.

| | *a*. | *b*. | *c*. | *d*. | *e*. |
|---|---|---|---|---|---|
| $SiO^2$ | 43,96 | 43,85 | 41,24 | 42,70 | 41,68 |
| $Al^2O^3$ | 9,84 | 9,07 | 4,51 | 6,70 | 6,28 |
| $Fe^2O^3$ | 3,04 | 1,02 | 3,10 | 2,15 | 2,64 |
| FeO | 10,40 | 9,51 | 10,39 | 7,60 | 9,32 |
| MgO | 20,70 | 23,40 | 33,10 | 26,70 | 29,65 |
| CaO | 7,93 | 7,90 | 4,90 | 9,51 | 7,28 |
| $Na^2O$ | 1,48 | 1,30 | 0,76 | 1,23 | 0,44 |
| $K^2O$ | 0,62 | 0,54 | 0,37 | 0,53 | 0,46 |
| $TiO^2$ | 2,07 | 1,88 | 0,70 | 1,02 | 0,49 |
| $P^2O^5$ | 0,25 | 0,38 | 0,05 | traces | 0,06 |
| $H^2O$ à 105° | » | 1,62 | 0,40 | 2,70 | 1,96 |
| » au rouge | » | » | 0,59 | » | » |
| | 100,29 | 100,47 | 100,11 | 100,84 | 100,26 |

On remarquera dans ces roches la faible proportion de l'alumine et des

(¹) Cette analyse est celle qui a été publiée dans ma Note précitée; elle a été rectifiée pour le fer et pour son état d'oxydation.

alcalis, la haute teneur en magnésie, avec diminution rapide du titane à mesure que la magnésie augmente; enfin, la proportion de la chaux est faible vis-à-vis de la magnésie et cette propriété est la caractéristique différentielle d'avec le groupe suivant.

*Ankaramites*. — Je propose de désigner sous ce nom des roches voisines des précédentes, mais plus calciques, généralement un peu moins ferrugineuses et un peu plus riches en silice : elles se distinguent surtout des picrites en ce qu'à l'inverse de ce qui s'observe dans celles-ci, le pyroxène prédomine sur le péridot. De plus, la quantité des éléments blancs est souvent un peu plus grande. Ce sont des hétéromorphes de pyroxénolites. Le type de ces roches peut être pris à Madagascar dans la province pétrographique d'Ampasindava où elles accompagnent des roches alcalines. A quelques kilomètres au nord d'Ankaramy, j'ai observé en dykes, dans les grès du Lias, une roche magnifique de ce genre, constituée par une très grande quantité de gros cristaux d'augite verte de plus de $1^{cm}$, associés à des cristaux d'olivine jaune à peine moins grands. Ils sont entourés par une pâte compacte, formée par de gros microlites d'augite, de titanomagnétite, avec un peu de biotite et du labrador. Dans d'autres filons, la teneur en phénocristaux est moindre, la quantité de feldspaths un peu plus grande et il existe des passages à des basaltes micacés et amphiboliques mésocrates. On peut rapporter au même type, mais avec plus de labrador, la lave d'Iconi, dans le sud-ouest de la Grande Comore; les caractères extérieurs rappellent ceux des picrites de la Réunion, mais la proportion des feldspaths y est plus grande.

Les analyses suivantes sont : Ankaramite, *a*. Nord d'Ankaramy (M. Boiteau) [*IV*.*5*.*3*.(*3*)(*4*)] IV.1'.'3.2.'2.

*b*. D'Iconi par M. Raoult [*IV*.*5'*.*3*.'*4*] IV.(1)(2).'3.2.2.

J'y joins pour comparaison l'analyse d'une roche grenue de Madagascar qui est à rapporter au même groupe, mais avec accentuation du caractère mélanocrate et aussi avec prédominance plus grande du pyroxène sur le péridot :

*c*. Pyroxénite feldspathique à olivine d'Ambatofotsy, à l'ouest d'Ankaramy [*IV*.*5*.(*3*)*4*.*4'*].IV.1(2).2.2.2.

| | a. | b. | c. |
|---|---|---|---|
| $SiO^2$ | 43,27 | 45,84 | 46,01 |
| $Al^2O^3$ | 7,54 | 7,45 | 6,36 |
| $Fe^2O^3$ | 2,32 | 1,66 | 4,22 |
| FeO | 6,18 | 9,64 | 7,52 |
| MgO | 17,65 | 16,76 | 16,95 |
| CaO | 13,72 | 12,64 | 15,10 |
| $Na^2O$ | 1,26 | 1,38 | 1,11 |
| $K^2O$ | 1,14 | 0,99 | 0,40 |
| $TiO^2$ | 1,25 | 3,00 | 1,36 |
| $P^2O^5$ | 0,38 | 0,42 | 0,70 |
| $H^2O$ à 105° | 0,22 | 0,10 | 0,11 |
| » au rouge | » | 0,32 | 0,48 |
| $CO^2$ | 4,32 | » | » |
| | 100,54 | 100,20 | 100,32 |

Dans la région d'Ankaramy, les ankaramites sont très souvent calcifiées par suite de la décomposition du pyroxène et aussi de l'olivine ; une partie du $CO^2$ de l'analyse *a* doit être considérée comme ayant déplacé une quantité équivalente de la silice de ces deux minéraux.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les développements de la racine carrée d'un polynome en fractions continues.* Note de M. PAUL APPELL.

I. Il résulte des recherches d'Abel (¹) et de Jacobi (²), qu'un certain développement en fraction continue de la racine carrée d'un polynome du quatrième degré se rattache à la détermination des intégrales pseudo-elliptiques et à la multiplication des fonctions elliptiques. La méthode de calcul de Jacobi a été reprise et perfectionnée par Halphen (³). Abel, dans son premier Mémoire (*loc. cit.*), considère le cas où le degré du polynome R dépasse le quatrième, et Jacobi termine le sien (*loc. cit.*) par ces mots :

(¹) *Sur l'intégration de la formule différentielle* $\frac{\rho\, dx}{\sqrt{R}}$, R *et* ρ *étant des fonctions entières* (*Journal de Crelle*, t. 1; *Œuvres complètes d'Abel*, Christiania, 1881, t. 1, p. 104). — *Théorie des transcendantes elliptiques* (*Œuvres*, t. 2, p. 87).

(²) *Note sur une nouvelle application de l'Analyse aux fonctions elliptiques* (*Journal de Crelle*, t. 7, p. 41; *Œuvres complètes de Jacobi*, Berlin, 1881, t. 1, p. 329).

(³) *Traité des fonctions elliptiques et de leurs applications*, t. 2, chap. XIV, p. 575.

« Lorsque R surpasse le quatrième degré, la fraction continue dans laquelle on convertit $\sqrt{R}$ dépend des formules de multiplication de transcendantes plus élevées que les transcendantes elliptiques. »

L'objet de cette Note est de préciser cette vue et de montrer comment le problème dépend de la multiplication des fonctions abéliennes ou de leurs dégénérescences.

II. A l'époque d'Abel et de Jacobi, le sens de l'expression *développement d'une fonction en fraction continue* était mal défini. On doit à un mathématicien français, M. Padé [1], la définition précise du problème du développement en fractions continues d'une fonction développable en série entière. M. Padé a montré que, pour une fonction donnée $f(x)$, il existe une infinité de développements en fractions continues dont les réduites

$$\frac{U_\mu}{V_\nu}$$

sont les quotients de deux polynomes en $x$, de degrés $\mu$ et $\nu$ donnés à l'avance, choisis de telle façon que le développement en série entière de

$$\frac{U_\mu}{V_\nu} - f(x)$$

commence par la puissance de $x$ la plus élevée possible. Ces diverses réduites peuvent être rangées dans un Tableau à double entrée, défini par le réseau de points dont les coordonnées, par rapport à deux axes rectangulaires, sont les entiers positifs ou nuls $\mu$ et $\nu$. Nous considérerons ici une suite particulière de ces réduites, représentées par des points situés sur une parallèle à la bissectrice de l'angle des axes.

III. Soit un polynome $R(x)$ de degré $4q$. La courbe

$$y^2 = R(x) \tag{1}$$

---

[1] PADÉ, *Sur la représentation approchée d'une fonction par des fractions rationnelles* (*Annales de l'École Normale supérieure*, 1892, 3e série, t. 9, S. p. 3). — *Mémoire sur les développements en fractions continues de la fonction exponentielle* (*Ibid.*, 1899, t. 16, p. 395). — *Recherches nouvelles sur la distribution des fractions rationnelles approchées d'une fonction* (*Ibid.*, 1902, t. 19, p. 153). — *Recherches sur la convergence des développements en fractions continues*, et *Sur la généralisation des formules de Sylvester* (*Ibid.*, 1907, t. 24, p. 341 et 519).

est une courbe hyperelliptique de genre

$$p = 2q - 1.$$

Adoptons les notations d'Halphen (*loc. cit.*) et cherchons à développer la fonction

$$y = \sqrt{R(x)} = \sqrt{R(\xi + x - \xi)},$$

où $\xi$ est une constante arbitraire, en une fraction continue de M. Padé, en prenant comme variable

$$x - \xi.$$

Soit une réduite de son tableau

$$\frac{U_\mu(x-\xi)}{V_\nu(x-\xi)};$$

les polynomes $U_\mu$ et $V_\nu$ sont déterminés de telle façon que

$$\frac{U_\mu}{V_\nu} - \sqrt{R(x)} = ((x-\xi))^{\mu+\nu+1},$$

la notation $((x-\xi))^\lambda$ signifiant une série entière en $x - \xi$ commençant par le terme de degré $\lambda$. On a donc également

$$U_\mu - V_\nu\sqrt{R(x)} = ((x-\xi))^{\mu+\nu+1}$$

et, en multipliant par la quantité conjuguée,

$$(2) \qquad U_\mu^2 - V_\nu^2 R(x) = ((x-\xi))^{\mu+\nu+1}.$$

Dans cette identité (2) le premier terme est de degré $2\mu$, le second de degré $2\nu + 4q$. Nous choisirons les indices $\mu$ et $\nu$ de façon que ces degrés soient égaux

$$\mu = \nu + 2q.$$

Supposons d'autre part qu'il s'agisse d'une réduite donnant une approximation d'ordre déterminé $2m + 1$, on devra prendre

$$\mu + \nu = 2m,$$

d'où

$$\mu = m + q, \qquad \nu = m - q,$$

où $m$ peut toujours être pris assez grand pour être supérieur à $q$. Mais alors le premier membre de (2) est un polynome de degré $2\mu = 2m + 2q$ en $(x-\xi)$ et l'on a, puisque $(x-\xi)^{2m+1}$ est en facteur,

$$(3) \qquad U_\mu^2 - V_\nu^2 R(x) \equiv (x-\xi)^{2m+1}(x-\xi_1)(x-\xi_2)\ldots(x-\xi_p),$$

$\xi_1, \xi_2, \ldots, \xi_p$ étant des constantes fonctions de $\xi$ et $p$ étant le genre

$$p = 2q - 1.$$

Appliquons le théorème d'Abel à la courbe fixe (1) coupée par la courbe

$$(4) \qquad U_\mu - y V_\nu = 0,$$

variable avec le paramètre $\xi$. D'après l'identité (3), pour une valeur donnée de $\xi$, les deux courbes (1) et (4) ont en commun $2m + p + 1$ points variables avec $\xi$, à savoir $2m + 1$ points confondus d'abscisse $\xi$ et $p$ points simples d'abscisses $\xi_1, \xi_2, \ldots, \xi_p$. Soit alors $u_i(x)$ une intégrale abélienne de première espèce attachée à la courbe hyperelliptique (1). D'après le théorème d'Abel, la somme des valeurs de cette intégrale correspondant aux points d'intersection de (1) avec (4) est constant; on a donc

$$(5) \qquad u_i(\xi_1) + u_i(\xi_1) + \ldots + u_i(\xi_p) \equiv C_i - (2m+1)\, u_i(\xi),$$

où

$$i = 1, 2, \ldots, p,$$

les $C_i$ désignant des constantes indépendantes de $\xi$, déterminées à des multiples près des périodes.

Ces équations (5) déterminent $\xi_1, \xi_2, \ldots, \xi_p$ en fonction de $\xi$. On voit que le calcul de ces quantités est ramené à la multiplication de l'argument des fonctions abéliennes par $2m + 1$.

Si le degré du polynome R est $4q + 2$, le genre $p$ est $2q$; on fera un raisonnement analogue en prenant

$$\mu - \nu = 2q + 1, \qquad \mu + \nu = 2m + 1.$$

On sera conduit à la multiplication par $2m + 2$.

IV. Dans le cas où le polynome R a des racines multiples, et dans le cas où l'on prend pour $\mu - \nu$ une valeur constante différente de celle que nous avons choisie, on est conduit au *problème d'inversion de Jacobi généralisé* et à la multiplication des fonctions correspondantes.

## MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

M. Friedmann adresse un Mémoire intitulé : *Sur les tourbillons dans un liquide à température variable.*

(Renvoi à l'examen de M. Boussinesq.)

## CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

*Étude photographique des taches solaires*, par le R. P. S. Chevalier, S. J. (Présenté par M. P. Puiseux.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la convergence des séries de Fourier.* Note (¹) de M. **W.-H. Young**, présentée par M. E. Picard.

1. Un criterium général pour la convergence d'une série de Fourier en un point donné manque, et les cas où une telle convergence peut être constatée sont d'autant plus importants qu'ils sont encore assez rares. Entre ceux-ci il y en a un que j'avais signalé il y a cinq ans, mais qui semble avoir échappé à l'attention des géomètres. Je reviens maintenant sur ce cas, en simplifiant les conditions et étendant la portée du théorème.

2. Théorème. — *Si $f(x)$ est simplement discontinue au point $x$ et si dans un voisinage de ce point, aussi petit que l'on veut, nous avons*

$$\frac{1}{2}[f(x+h)+f(x-h)]=\frac{1}{h}\int_0^h g(t)\,dt,$$

*$g(t)$ étant une fonction bornée ou, plus généralement, telle que*

$$\frac{1}{h}\int_0^h |g(t)|\,dt$$

*soit une fonction bornée de $h$, la série de Fourier de $f(x)$ converge au point $x$ vers $\frac{1}{2}[f(x+0)+f(x-0)]$.*

Pour démontrer ce résultat, il suffit évidemment de prendre l'origine pour le point donné et de supposer $f(x)$ une fonction paire. Posons

$$s_n=a_1+a_2+\ldots+a_n, \qquad C(na_n)=\frac{(a_1+2a_2+\ldots+na_n)}{n},$$

donc

$$(1) \qquad s_n-C(na_n)=\frac{(s_1+s_2+\ldots+s_{n-1})}{n},$$

(¹) Séance du 31 juillet 1916.

$a_n$ étant le coefficient de $\cos nx$ dans la série de Fourier de la fonction $f(x)$. Or, comme $f(x)$ est bornée dans le voisinage de l'origine et s'approche de $f(+0)$ comme limite, la série de Fourier est convergente pour $x=0$ par les moyens de Cesàro (C1), c'est-à-dire que $\frac{(s_1+s_2+\ldots+s_{n-1})}{n-1}$ a une limite unique et finie quand $n$ croît indéfiniment. D'après (1) donc notre série de Fourier convergera pour $x=0$, si $C(na_n)$ a la limite zéro quand $n$ croît indéfiniment. Nous allons voir que ceci est exact.

3. Nous avons, en effet, le théorème suivant : *Si* $\Sigma a_n \cos nx$ *est la série de Fourier d'une fonction paire* $f(x)$,

$$\lim_{n\to\infty} C(na_n) = 0,$$

*quand les conditions suivantes sont remplies :* 1° $f(+0)$ *existe et est finie;* 2° *Dans un certain voisinage de l'origine* $(-e \leqq x \leqq e)$, $f(x)$ *peut être mise sous la forme* $\frac{1}{x}\int_0^x g(x)\,dx$, *où* $\frac{1}{x}\int_0^x |g(x)|\,dx$ *est une fonction bornée.*

Or

$$\begin{aligned}\frac{1}{2}\pi C(na_n) &= C\left\{\int_0^\pi n \cos nx\, f(x)\,dx\right\}\\ &= \frac{1}{2n}\int_0^\pi \frac{d}{dx}\left[\cot\frac{1}{2}x - \operatorname{coséc}\frac{1}{2}x\cos\left(n-\frac{1}{2}\right)x\right] f(x)\,dx,\end{aligned}$$

donc

$$\frac{1}{2}\pi \lim_{n=\infty} C(na_n) = \lim_{n=\infty}\left[\frac{1}{2n}\int_0^\pi \frac{d}{dx}\left(\frac{1}{\frac{1}{2}x} - \frac{\cos nx}{\frac{1}{2}x}\right) f(x)\,dx\right]. \tag{2}$$

Divisons l'intervalle $(0, \pi)$ en trois parties : $(0, p)$, $(p, e)$ et $(e, \pi)$, où $p = \frac{2P\pi}{n}$, P est un entier quelconque et $n$ suffisamment grand. Mais notre résultat ne dépend nullement du caractère de $f(x)$ en dehors du voisinage de l'origine. Nous pouvons donc mettre $f(x)=0$ dans l'intervalle $(e, \pi)$, et la partie correspondante de notre intégrale sera nulle.

Dans l'intervalle $(0, p)$, mettons $x = \frac{t}{n}$; $f\left(\frac{t}{n}\right)$ est alors bornée et a pour limite $f(+0)$; nous pouvons donc multiplier par la fonction bornée

$$\frac{d}{dx}\left(\frac{1-\cos t}{t}\right)$$

et intégrer terme à terme. Nous aurons alors

$$\begin{aligned}&\lim_{n=\infty}\frac{1}{n}\int_0^p f(x)\frac{d}{dx}\left(\frac{1-\cos nx}{x}\right)dx\\ &= \lim_{n=\infty}\int_0^{2P\pi} f\left(\frac{t}{n}\right)\frac{d}{dt}\left(\frac{1-\cos t}{t}\right)dt = \int_0^{2P\pi} f(+0)\frac{d}{dt}\left(\frac{1-\cos t}{t}\right)dt = 0.\end{aligned}$$

L'équation (2) devient donc

$$(3)\quad \frac{1}{2}\pi \lim_{n=\infty} C(na_n) = \lim_{n=\infty}\int_p^e f(x)\frac{d}{dx}\left(\frac{1-\cos nx}{nx}\right)dx = \lim_{n=\infty}\int_p^e x\,f(x)\frac{d}{dx}q_n(x)\,dx$$

$$= \lim_{n=\infty}\left\{[x\,f(x)\,q_n(x)]_p^e - \int_p^e g(x)\,q_n(x)\,dx\right\},$$

où

$$(4)\quad |q_n(x)| = \left|\frac{1-\cos nx}{nx^2} - \int_x^e \frac{1-\cos nx}{nx^3}dx\right| \leqq \frac{2}{nx^2} + \int_x^e \frac{2}{nx^3}dx \leqq \frac{3}{nx^2}.$$

Il en suit

$$(5)\quad \left|\frac{\pi}{6}\lim_{n=\infty} C(na_n)\right| \leqq \lim_{n=\infty}\left\{\left|\left[\frac{f(x)}{nx}\right]_p^e\right| + \int_p^e \frac{|g(x)|}{nx^2}dx\right\}$$

$$\leqq \frac{f(p)}{2P\pi} + \lim_{n=\infty}\left\{\left|\left[\frac{1}{nx^2}\int_0^x |g(x)|\,dx\right]_p^e\right| + \int_p^e \left[\frac{2\int_0^x |g(x)|\,dx}{nx^3}\right]dx\right\}$$

$$\leqq \frac{f(p)}{2P\pi} + \frac{B}{2P\pi} + \lim_{n=\infty} 2B\int_p^e \frac{dx}{nx^2} \leqq \frac{f(p)+3B}{2P\pi},$$

B étant la borne supérieure de $\frac{1}{x}\int_0^x |g(x)|\,dx$. On en conclut facilement

$$\lim_{n=\infty} C(na_n) = 0.$$

4. Pour une fonction impaire $f(x)$ qui remplit les conditions 1° et 2° (n° 3), il y aura un théorème analogue : *Soit* $\Sigma b_n \cos nx$ *la série alliée à la série de Fourier*, $\Sigma b_n \sin nx$, *de notre fonction* $f(x)$, *nous aurons*

$$\lim_{n=\infty} C(nb_n) = \frac{1}{\pi}[f(+0) - f(-0)].$$

Or, si $\frac{1}{2\pi}\int_\varepsilon^\pi \cot\frac{1}{2}x[f(x+u) - f(x-u)]\,dx$ a une limite unique et finie quand $\varepsilon$ s'approche de zéro, la série alliée converge par les moyens de Cesàro vers cette même limite, pourvu que $f(x)$ soit bornée et n'ait pas une discontinuité de seconde espèce à l'origine. On a ainsi le résultat suivant :

*Si $f(x)$ est continue au point $x$, et si dans un voisinage de ce point, aussi petit qu'on veut, nous avons*

$$\frac{1}{2}[f(x+h) - f(x-h)] = \frac{1}{h}\int_0^h g(t)\,dt,$$

*$g(t)$ étant une fonction bornée ou, plus généralement, telle que la fonction*

$$\frac{1}{h}\int_0^h |g(t)|\,dt$$

*soit bornée, la série alliée à la série de Fourier de $f(x)$ converge vers*

$$\lim_{\varepsilon=0} \frac{1}{2\pi}\int_\varepsilon^\pi \cot\frac{1}{2}x[f(x+u)-f(x-u)]\,dx,$$

*quand cette limite existe.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Théorème de la moyenne relatif aux intégrales d'une équation importante aux dérivées partielles.* Note [1] de M. **Michel Petrovitch**, présentée par M. Émile Picard.

Dans une Note précédente [2], j'ai signalé les applications possibles d'une relation d'inégalité aux intégrales des équations différentielles ordinaires. Le procédé s'applique également aux intégrales de types généraux d'équations aux dérivées partielles. Je traiterai ici, à titre d'exemple, le type d'équations

$$\left(\frac{\partial V}{\partial x_1}\right)^2 + \ldots + \left(\frac{\partial V}{\partial x_n}\right)^2 = f(x_1, x_2, \ldots, x_n), \tag{1}$$

où $f$ est une fonction de variables indépendantes $x_1, \ldots, x_n$.

Considérons un domaine D dans l'espace des variables $x_1, \ldots, x_n$, dans lequel l'intégrale V est réelle et où chacune des dérivées $\frac{\partial V}{\partial x_1}, \ldots, \frac{\partial V}{\partial x_n}$ garde un signe invariable. Soit $\varepsilon_k$ l'unité affectée du signe invariable de la dérivée $\frac{\partial V}{\partial x_k}$ dans ce domaine. Je me propose de démontrer le théorème suivant :

*En posant*

$$u_k = \varepsilon_{k+1} x_{k+1} - \varepsilon_1 x_1, \tag{2}$$

*à toute intégrale V de l'espèce considérée correspond une fonction*

$$\Phi(u_1, u_2, \ldots, u_{n-1})$$

---

[1] Séance du 7 août 1916.

[2] *Comptes rendus*, t. 163, 1916, p. 81.

*et un facteur $\theta$ dépendant des variables $x_1, \ldots, x_n$, mais toujours compris entre* 1 *et $\sqrt{n}$ (pouvant aussi coïncider avec l'une ou l'autre de ces limites), de telle sorte qu'on ait pour tout point* M$(x_1, \ldots, x_n)$ *situé dans le domaine* D

$$\text{(3)} \qquad V = \varepsilon_1 \theta F(x_1, u_1, u_2, \ldots, u_{n-1}) + \Phi(u_1, u_2, \ldots, u_{n-1}),$$

*où* F *est une fonction de n variables $x_1, u_1, \ldots, u_{n-1}$ fournie par le second membre de l'équation* (1) *par une quadrature.*

Pour le faire voir, remarquons que, la fonction $f$ étant essentiellement positive dans le domaine D, l'équation (1) peut s'écrire

$$\text{(4)} \qquad \sqrt{\left(\varepsilon_1 \frac{\partial V}{\partial x_1}\right)^2 + \ldots + \left(\varepsilon_n \frac{\partial V}{\partial x_n}\right)^2} = \varphi(x_1, \ldots, x_n)$$

avec $\varphi = \sqrt{f}$. Or, si dans la formule (4) de la Note citée on fait

$$f(x) = x^2,$$

et si l'on y remplace $x_i$ par $\varepsilon_i \frac{\partial V}{\partial x_i}$, on obtient

$$\text{(5)} \qquad \sqrt{\left(\varepsilon_1 \frac{\partial V}{\partial x_1}\right)^2 + \ldots + \left(\varepsilon_n \frac{\partial V}{\partial x_n}\right)^2} = \zeta\left(\varepsilon_1 \frac{\partial V}{\partial x_1} + \ldots + \varepsilon_n \frac{\partial V}{\partial x_n}\right),$$

où $\zeta$ est un facteur, fonction de $x_1, \ldots, x_n$, dont la valeur est toujours comprise entre $\frac{1}{\sqrt{n}}$ et 1. On y arrive, d'ailleurs, aussi directement par l'identité

$$n(a_1^2 + \ldots + a_n^2) - (a_1 + \ldots + a_n)^2 = \frac{1}{2}\Sigma(a_i - a_j)^2 \quad (i = 1, 2, \ldots, n; j = 1, 2, \ldots, n),$$

faisant voir que, pour les $a_i$ réels et positifs, la valeur du rapport $\frac{a_1^2 + \ldots + a_n^2}{(a_1 + \ldots + a_n)^2}$ est comprise entre $\frac{1}{n}$ et 1, ces limites étant atteintes, la première lorsque les $a_i$ sont égaux entre eux, et la seconde lorsque tous les $a_i$, sauf un parmi eux, tendent vers zéro.

Il s'ensuit que l'équation (4) peut s'écrire

$$\text{(6)} \qquad \varepsilon_1 \frac{\partial V}{\partial x_1} + \ldots + \varepsilon_n \frac{\partial V}{\partial x_n} = \theta \varphi(x_1, \ldots, x_n),$$

où $\theta$ est un facteur, fonction des $x_i$, compris entre 1 et $\sqrt{n}$.

On a ainsi à intégrer l'équation linéaire du premier ordre (6). A cet effet, il y a à considérer le système

$$\text{(7)} \qquad \varepsilon_1 \frac{dx_1}{1} = \varepsilon_2 \frac{dx_2}{1} = \ldots = \varepsilon_n \frac{dx_n}{1} = \frac{dV}{\theta\varphi},$$

d'où l'on tire

$$(8)\qquad \begin{cases} x_2 = \dfrac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} x_1 + C_1, \\ \dots\dots\dots\dots\dots, \\ x_n = \dfrac{\varepsilon_1}{\varepsilon_n} x_1 + C_{n-1} \end{cases}$$

avec

$$(9)\qquad \frac{\partial V}{\partial x_1} = \varepsilon_1 \theta \varphi.$$

Si dans le second membre de (9) on remplace $x_2 \dots x_n$ par leurs valeurs (8), l'équation (9) prendra la forme

$$(10)\qquad \frac{\partial V}{\partial x_1} = \varepsilon_1 \theta \psi(x, C_1 \dots C_{n-1}),$$

$\psi$ étant une fonction de $x_1$ et de $n-1$ constantes arbitraires $C_1 \dots C_{n-1}$. On en tire

$$(11)\qquad V = \varepsilon_1 \int \theta \psi \, dx_1 + C_n,$$

$C_n$ étant une nouvelle constante arbitraire. La fonction $\psi$ gardant un signe invariable, on aura par l'application du théorème commun de la moyenne

$$(12)\qquad V = \varepsilon_1 \theta' F(x_1, C_1 \dots C_{n-1}) + C_n,$$

où

$$F(x_1, C_1 \dots C_{n-1}) = \int \psi(x_1, C_1 \dots C_{n-1}) \, dx_1 \qquad (1 \leqq \theta' \leqq \sqrt{n}).$$

D'autre part, de (8) et (12) on tire

$$(13)\qquad C_k = x_{k+1} - \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_{k+1}} x_1 \qquad (k = 1, 2, \dots, n-1),$$

$$(14)\qquad C_n = V - \varepsilon_1 \theta' F(x_1, C_1 \dots C_{n-1}),$$

de sorte qu'en posant

$$(15)\qquad u_k = \varepsilon_{k+1} x_{k+1} - \varepsilon_1 x_1 \qquad (k = 1, 2, \dots, n-1),$$

$$(16)\qquad u_n = V - \varepsilon_1 \theta' F(x_1, C_1 \dots C_{n-1}),$$

toutes les intégrales V de l'espèce considérée satisferont à des relations de la forme

$$(17)\qquad \Psi(u_1, u_2, \dots, u_n) = 0,$$

c'est-à-dire à des relations de la forme (3), comme il fallait le montrer.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les formes quadratiques et les fonctions hyperabéliennes.* Note ([1]) de M. **Georges Giraud**, transmise par M. Émile Picard.

Parmi les groupes que M. Picard a appelés *hyperabéliens*, ceux qui sont isomorphes aux groupes des transformations semblables arithmétiques de formes quadratiques quaternaires indéfinies du type $u_1^2+u_2^2-u_3^2-u_4^2$ ont été, dans divers cas particuliers, étudiés par M. Picard, puis par M. Bourget et par M. Cotty ([2]). Dans chacun de ces cas, ces auteurs ont pu former le polyèdre fondamental du groupe par la méthode de réduction continuelle, et ont trouvé que les fonctions hyperabéliennes correspondantes sont liées trois à trois par des relations algébriques.

Or la méthode de réduction continuelle peut s'appliquer aussi dans le cas général : on obtient ainsi sur le polyèdre fondamental des renseignements tels qu'il devient facile de retrouver d'une manière générale la conclusion sur l'existence d'une relation algébrique entre trois fonctions hyperabéliennes correspondant à un de ces groupes.

Les conditions de réduction adoptées sont celles de MM. Korkine et Zolotareff; on peut ajouter à ces conditions des inégalités supplémentaires telles que la réduite soit unique.

Si $f(x_1, x_2, x_3, x_4)$ est la forme donnée, $\Delta$ son discriminant, $F(\lambda, \mu, \nu, \pi)$ sa forme adjointe, $\lambda_0, \mu_0, \nu_0, \pi_0$ les conjugués de $\lambda, \mu, \nu, \pi$, la forme définie dont on fait la réduction continuelle est

$$(1)\qquad \varphi(x_1, x_2, x_3, x_4) = -\frac{\lambda_0\dfrac{\partial F}{\partial\lambda}+\mu_0\dfrac{\partial F}{\partial\mu}+\nu_0\dfrac{\partial F}{\partial\nu}+\pi_0\dfrac{\partial F}{\partial\pi}}{4\Delta}f(x_1, x_2, x_3, x_4) + 2\,\text{norme}\,(\lambda x_1+\mu x_2+\nu x_3+\pi x_4),$$

avec les conditions

$$(2)\qquad F(\lambda, \mu, \nu, \pi)=0,$$

$$(3)\qquad \lambda_0\frac{\partial F}{\partial\lambda}+\mu_0\frac{\partial F}{\partial\mu}+\nu_0\frac{\partial F}{\partial\nu}+\pi_0\frac{\partial F}{\partial\pi}<0;$$

en général, cette dernière quantité sera prise égale à $-4\Delta$.

---

([1]) Séance du 14 août 1916.

([2]) Picard, *Sur les fonctions hyperabéliennes* (*Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 4e série, t. 1, 1885). — Bourget, *Sur une classe particulière de groupes*

On établit alors les deux propositions suivantes :

1° Si $\varphi$ est réduite pour une infinité de points $(\lambda, \mu, \nu, \pi)$ ayant un point d'accumulation réel sur la quadrique (2), ce point a pour coordonnées $\lambda = \mu = \nu = 0$, $\pi = 1$ : cela vient de ce que, pour ce point, $\varphi$ est carré parfait. La forme proposée et son adjointe peuvent donc représenter zéro.

2° Si les points où $\varphi$ est réduite ont un point d'accumulation imaginaire annulant le premier membre de (3), la quadrique (2) contient la génératrice rationnelle $\lambda = \mu = 0$, et le point d'accumulation est sur cette génératrice. Ainsi, la quadrique $f = 0$ a dans ce cas des génératrices rationnelles.

On démontre que, si une quadrique a des génératrices rationnelles, les deux génératrices qui passent par un point rationnel quelconque de la quadrique sont rationnelles.

Le cas où la quadrique n'a pas de points rationnels a été complètement traité par M. Picard. Dans les autres cas, la difficulté est de voir que le nombre des formes équivalentes à $f$ qu'on rencontre dans la réduction continuelle est fini. En cherchant à se rapprocher de la marche de M. Picard, on trouve qu'il suffit de prouver qu'à chacune des formes équivalentes qu'on rencontre correspond une forme $\varphi$ où le coefficient de $x_1^2$ est supérieur à une limite fixe : or c'est ce qui arrive ; la limite peut être prise égale à $\frac{1}{\Delta}$ s'il n'y a pas de génératrices rationnelles, à $\frac{\sqrt{3}}{2\Delta}$ s'il y en a. En effet, si ce coefficient tombe au-dessous de cette limite, il est égal à $2\lambda^2$, en supposant, comme il est permis, $\lambda$ réel et positif. Or, s'il n'y a pas de génératrices rationnelles, la forme continue d'être réduite si l'on fait croître $2\lambda^2$ jusqu'à la limite indiquée, les parties réelles de $\frac{\mu}{\lambda}$ et de $\frac{\nu}{\lambda}$ restant fixes ainsi que les parties imaginaires de $\mu$ et de $\nu$ ; la valeur de $\pi$ résulte de celles de ces lettres par la relation (2) et la relation (3), où le premier membre est pris égal à $-4\Delta$. S'il y a des génératrices rationnelles, on arrive au même résultat par des variations simultanées de $\lambda$ et de la partie imaginaire de $\mu$, les parties réelles de $\frac{\mu}{\lambda}$ et de $\frac{\nu}{\lambda}$ restant fixes.

La conclusion à laquelle on parvient ainsi est que, s'il y a sur la quadrique

---

*hyperabéliens* (*Annales de la Faculté des Sciences de Toulouse*, 1898, et *Thèses de la Faculté des Sciences de Paris*, 1898). — Cotty, *Les fonctions abéliennes et la Théorie des nombres* (*Annales de la Faculté des Sciences de Toulouse*, 1912, et *Thèses de la Faculté des Sciences de Paris*, 1913).

des points rationnels, mais pas de génératrices rationnelles, le polyèdre fondamental du groupe hyperabélien atteint la frontière du domaine fondamental, composé de deux demi-plans limités aux axes réels, en des points réels en nombre fini. S'il y a des génératrices rationnelles, il atteint cette frontière en un nombre fini de portions de variétés à deux dimensions, comprenant un nombre fini de points réels.

Pour prouver alors que la relation qui existe entre trois fonctions hyperabéliennes est algébrique, il suffit d'étudier les singularités de ces fonctions aux points rationnels et aux points des génératrices rationnelles. Pour cette étude, on peut mettre $f$ sous la forme

$$f(x_1, x_2, x_3, x_4) = x_1(ax_1 + bx_2 + cx_3 + dx_4) + \psi(x_2, x_3),$$

et porter l'attention sur le point rationnel $x_1 = x_2 = x_3 = 0$, $x_4 = 1$, et sur les génératrices qui passent par ce point, si elles sont rationnelles. On trouve que, si $\psi$ satisfait à certaines conditions qu'on peut remplir par un changement de variables, les fonctions thêta-hyperabéliennes sont, en ces points, le produit d'une fonction rationnelle, qui disparaît dans les fonctions hyperabéliennes, par une fonction holomorphe de $e^{\frac{2\pi i x_2}{dx_1}}$ et de $e^{\frac{2\pi i x_3}{dx_1}}$ $\left(\frac{x_2}{x_1}\right.$ et $\frac{x_3}{x_1}$ sont, si $f = 0$, liées aux variations $\xi$ et $\eta$ de l'espace hyperabélien par des relations linéaires$\left.\right)$. Cela suffit pour démontrer notre proposition.

Des raisonnements analogues peuvent s'appliquer aux formes quadratiques quinaires $u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 - u_4^2 - u_5^2$, auxquelles correspondent des fonctions de trois variables faisant partie d'une catégorie que j'ai étudiée dans ma Thèse.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur un théorème géométrique utile pour l'étude de l'inversion directe des intégrales abéliennes.* Note (¹) de M. **A. Liljeström**, présentée par M. Appell.

On peut dire sans exagération que jusqu'à nos jours le problème de l'inversion directe des intégrales abéliennes est resté obscur. Malgré les travaux de M. Casorati (fondés sur les conceptions de Riemann) qui eurent pour but de diriger l'attention des géomètres vers ce problème et vers les fonctions multiplement périodiques qui en dérivent, personne ne s'en est

(¹) Séance du 14 août 1916.

occupé. Ce manque d'intérêt est sans doute la conséquence des idées vagues et peut-être même fausses qui ont été lancées par Jacobi [1], Fuchs [2] et Weierstrass [3] et qui ont dirigé l'intérêt vers un autre problème d'inversion, celui de Jacobi.

Par l'artifice de Jacobi on a pu éviter les graves difficultés provenant de la non-uniformité des fonctions multiplement périodiques d'une seule variable, mais on a introduit une autre très grande difficulté, celle de l'emploi des fonctions de plusieurs variables. Grâce aux travaux de Poincaré et de M. Appell, ainsi qu'à ceux de Riemann et de Weierstrass, on a surmonté la plupart de ces difficultés, de telle sorte que la théorie des fonctions périodiques de plusieurs variables constitue maintenant une partie très importante des sciences mathématiques.

Cela ne devrait pas empêcher l'étude des fonctions multiplement périodiques d'une seule variable qui ont du reste une importance capitale dans la Physique mathématique [4]. Faire une théorie de ces fonctions, c'est d'abord étudier leurs propriétés analytiques, soit en général, soit en particulier, et ensuite trouver des moyens pour leur calcul numérique, y compris chercher des relations entre elles qui puissent faciliter ce calcul.

Dans mon Mémoire déjà cité, j'ai fait l'étude des propriétés générales de ces fonctions et montré leur grande analogie avec les fonctions elliptiques. Il existe surtout un certain domaine, le *domaine des périodes*, qui joue envers les fonctions multiplement périodiques le même rôle que le parallélogramme des périodes vis-à-vis des fonctions elliptiques. Il en résulte que l'étude particulière d'une intégrale donnée est réduite à chercher la forme du domaine des périodes et à déterminer la position et le caractère des points singuliers dans ce domaine.

En se bornant aux fonctions inverses des intégrales de la forme

$$\int C\,\Pi(u-u_\nu)^{\alpha_\nu}\,du,$$

où les $\alpha_\nu$ sont des exposants constants quelconques, on peut obtenir ce résultat d'une manière graphique extrêmement claire et simple. En effet,

---

(1) *Crelles Journal*, Bd 13, 1834; *Jacobis Werke*, Bd 1.

(2) *Berliner Berichte*, 15 janvier 1885.

(3) *Weierstrass Werke*, Bd 4, 1902, p. 445.

(4) Liljeström, *Etudes sur la théorie du potentiel logarithmique* (*Arkiv för Matematik, Astronomi och Fysik*, Bd 7, n° 39. Stockholm, 1912).

soit

$$u = x + iy, \qquad t = X + iY, \qquad \frac{dt}{du} = C\Pi(u - u_\nu)^{\alpha_\nu},$$

on peut représenter $u$ comme fonction de $t$ au moyen des courbes $X = \text{const.}$ et $Y = \text{const.}$ dans le plan des $u$, et en conclure aisément le caractère des courbes $x = \text{const.}$ et $y = \text{const.}$ dans le plan des $t$.

Or, on peut déterminer les courbes $X = \text{const.}$ et $Y = \text{const.}$ de la manière suivante. Posons

$$C = \rho_0 e^{i\varphi_0}, \qquad u - u_\nu = \rho_\nu e^{i\varphi_\nu}, \qquad \varphi = -\varphi_0 - \Sigma\alpha_\nu\varphi_\nu, \qquad \rho = \Pi\rho_\nu,$$

nous obtiendrons

$$\frac{dt}{du} = \rho e^{-i\varphi} = \rho\cos\varphi - i\rho\sin\varphi,$$

mais on sait que

$$\frac{dt}{du} = \frac{\partial Y}{\partial y} + i\frac{\partial Y}{\partial x},$$

donc

$$-\frac{\dfrac{\partial Y}{\partial y}}{\dfrac{\partial Y}{\partial x}} = \operatorname{tang}\varphi,$$

ce qui montre que *l'angle que fait la tangente en un point de la courbe* $Y = \text{const.}$ *avec l'axe des $x$ est égal à la somme $\varphi$.*

Il est évident que, grâce à ce théorème, on peut même construire une espèce de planimètre qui trace les courbes $X = \text{const.}$ et $Y = \text{const.}$, les points $u_\nu$ étant donnés.

Au point de vue de la Géométrie, ledit théorème constitue une nouvelle méthode de construction des tangentes, méthode dont on connaît déjà un cas spécial classique, savoir la construction des tangentes aux sections coniques. Cette méthode s'applique à un grand nombre de courbes importantes, par exemple aux ovales de Cassini, liées à l'intégrale

$$\int \frac{du}{u^2 - a^2},$$

et aux courbes de Seebeck, liées à l'intégrale

$$\int \frac{du}{\sqrt{(1 - u^2)(1 - k^2 u^2)}}.$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une méthode nouvelle pour résoudre le problème de Riemann.* Note [1] de M. **René Garnier**, transmise par M. Hadamard.

1. Soit E une équation différentielle linéaire, d'ordre $m$, dont les coefficients sont rationnels par rapport à la variable indépendante $x$, et dont les singularités (effectives) sont régulières et au nombre de $n$. Proposons-nous de *choisir* E *de telle sorte que son groupe de monodromie soit un groupe donné* G; c'est le problème qu'on appelle *problème de Riemann*, en mémoire du géomètre qui, le premier, en a traité un cas particulier ($m = 2$, $n = 3$). Qu'il me suffise de rappeler que ce problème n'a été résolu dans toute sa généralité que par M. Plemelj; son Mémoire utilise la théorie des équations intégrales; il avait été précédé d'un travail de M. Hilbert, relatif au cas de $m = 2$.

Dans cette Note, je vais montrer comment les considérations développées dans mes trois Notes précédentes [2] fournissent une méthode nouvelle pour résoudre le problème. Je supposerai $m = 2$, $n = 4$; quant à l'extension au cas $m = 2$, $n$ quelconque, elle exige, au préalable, qu'on étende aux équations de ma Thèse les méthodes développées dans ces trois Notes pour l'équation (VI).

2. Pour $m = 2$, $n = 4$, G dépend de six paramètres distincts; les coefficients de E ne peuvent en contenir le même nombre que si E renferme un point singulier apparent, $\lambda$; on peut alors lui donner la forme suivante [3]

$$\text{(E)} \qquad \frac{1}{y}\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{a}{x^2} + \frac{b}{(x-1)^2} + \frac{c}{(x-t)^2} + \frac{d}{x(x-1)} + \frac{3}{4(x-\lambda)^2} + \frac{\alpha}{x(x-1)(x-t)} + \frac{\beta}{x(x-1)(x-\lambda)},$$

où $a$, $b$, $c$, $d$ sont quatre paramètres, immédiatement connus dès qu'on donne G. Faisons varier $t$; on sait que le groupe de E ne pourra rester constant que si $\lambda$ vérifie par rapport à $t$ l'équation (VI), de plus $\alpha$ prendra la

(1) Séance du 14 août 1916.

(2) *Comptes rendus*, t. 162, 1916, p. 939; t. 163, 1916, p. 8 et 118.

(3) J'ai introduit cette forme dans ma Thèse (Paris, Gauthier-Villars, 1911, p. 51).

valeur $\alpha(\lambda', \lambda, t)$ (1re Note, n° 3) et l'on aura $\beta = \dot{\alpha} - \alpha$ (2e Note, n° 3). Pour résoudre le problème de Riemann, il faut donc construire (si possible) une intégrale $\lambda(t)$ de (VI) telle que le groupe de E coïncide avec G pour une valeur *particulière* de $t$ (problème B).

Or, faisons tendre $t$ vers zéro suivant un chemin $\mathfrak{S}$; nous savons choisir $\mathfrak{S}$ de telle sorte, par exemple, que $|\lambda(t)|$ ne devienne pas infiniment petit et que $\alpha$ tende vers une valeur finie $\alpha_0$; je dis qu'*on peut calculer* $\alpha_0$ *au moyen de* G. En effet, à une distance finie de zéro et $t$, décrivons un contour $\mathfrak{L}$ enveloppant ces deux points; si $t$ tend vers zéro, les intégrales de E sont, sur $\mathfrak{L}$, continues par rapport à $t$. La substitution correspondant à $\mathfrak{L}$ de l'équation $E_1$ vers laquelle tend E est donc aussi S; on a, par suite,

$$4\alpha_0 = s_0^2 - 4a - 4c + 1,$$

$s_0 : 2$ étant l'invariant de la substitution unimodulaire S. Dès lors, le problème B se ramène aussitôt au suivant [*où n'intervient plus que l'équation* (VI)] :

$\alpha_0$ et $\alpha_1$ étant deux quantités finies données, *déterminer une intégrale* $\lambda(t)$ *de* (VI) *telle que* $\alpha(t)$ *tende vers* $\alpha_0$ *ou* $\alpha_1$ *lorsque* $t$ *tend vers* 0 *ou* 1 suivant deux chemins $\mathfrak{S}_0$ ou $\mathfrak{S}_1$ bien déterminés.

Je vais indiquer maintenant, dans ses grandes lignes, la solution du nouveau problème (problème C).

3. Soit $t_0$ un point quelconque ($\neq 0, 1, \infty$), relié à O par un chemin L, qui dans le voisinage de O coïncide avec $\mathfrak{S}_0$. Je dis qu'*on peut trouver une intégrale de* (VI) *telle que, sur* L, $\alpha(t)$ *tende vers* $\alpha_0$ *ou* $\alpha_1$ *suivant que* $t$ *tend vers* 0 ou $t_0$ (problème D). En effet, l'étude des caractéristiques de (VI) montre (¹) que le problème D est possible lorsque $t_0$ est assez près de O (sauf, peut-être, pour une valeur particulière de $\alpha_1$, mais cette restriction n'a pas d'importance pour la suite). On a donc le droit de définir un arc $\widehat{O\tau}$ comme étant le plus grand arc de L, issu de O, pour tous les points duquel D est possible; s'il ne l'est plus pour l'arc complémentaire $\widehat{\tau t_0}$, on voit aisément que $\widehat{\tau t_0}$ est *fermé*, en sorte que tout revient à établir que D est possible en $\tau$. Or toutes les intégrales de (VI), telles que $\alpha$ prend sur $\mathfrak{S}_0$ la valeur $\alpha_0$ en $t = 0$, sont définies par les valeurs $\lambda_1$ qu'elles prennent en un point $t_1$ de $\mathfrak{S}_0$, suffisamment près de O; et, d'après un théorème de M. Painlevé,

(¹) Cf. *Comptes rendus*, t. 163, 1916, p. 120.

la fonction $\alpha(t; \lambda_1, t_1; \alpha_0) \equiv \alpha(t, \lambda_1)$, calculée sur L pour $t = \tau$, coïncide avec une branche d'une fonction de $\lambda_1$, méromorphe pour $\lambda_1 \neq 0, 1, t_1, \infty$. Considérons alors l'équation $\alpha(t, \lambda_1) = \alpha_1$; par hypothèse, pour tout point de $\widehat{O\tau}$ (sauf $\tau$), la fonction $\lambda_1(t)$ ainsi définietend vers une limite bien déterminée; il faut prouver que $t$, tendant vers $\tau$, $\lambda_1$ *n'est pas indéterminé*. Or, c'est ce qu'on démontre *en étendant au cas actuel la méthode donnée par M. Painlevé pour le premier théorème fondamental des équations du premier ordre.*

4. Dès lors, pour résoudre C, il ne reste plus qu'à établir que, si $t_0$ tend vers 1, $\lambda_1(t_0)$ tend vers une limite. A cet effet, on montre d'abord, à l'aide du théorème de Borel-Lebesgue, que si $|\alpha_0|$ est borné supérieurement, $|\lambda - 1|$ a une borne inférieure positive, quand $t$ tend vers 1 suivant un chemin $\mathcal{C}_1$, transformé d'une médiane de première espèce; par suite, pour une telle intégrale, $|\alpha(t_0) - \alpha_1|$ et $\left|\frac{\partial\alpha(t_0)}{\partial\alpha_1} - 1\right|$ sont arbitrairement petits sur $\mathcal{C}_1$ pour $|t - 1|$ assez petit; on peut donc trouver un nombre $\alpha_1$ tel que la solution $\alpha(t)$ du problème D (aux constantes $\bar{\alpha}_1, t_0$) prenne en $t = 1$ la valeur $\alpha_1$; c'est cette solution qui fournira la solution du problème de Riemann; et l'on voit en même temps que cette solution est *unique*.

HYDRODYNAMIQUE. — *Développements sur le mouvement d'un fluide parallèle à un plan fixe.* Note de M. **Richard Birkeland**, présentée par M. Appell.

Soient $u$, $v$, $k$ trois fonctions de $x, y$ continues, uniformes avec leurs dérivées partielles du premier ordre dans une aire A limitée par une courbe C; désignons par $u'$, $v'$, $k'$ les valeurs de ces quantités dans l'élément d'aire $d\sigma$ de coordonnées $x'$, $y'$ et dans l'élément d'arc $ds$, et par $\alpha'$, $\beta'$ les cosinus directeurs de la normale intérieure au point $ds$. Considérons

$$(1)\quad \left\{\begin{aligned} R_1 &= \int_A \zeta' k' d\sigma, & R_2 &= \int_C G' k' ds, & \zeta' &= \frac{\partial v'}{\partial x'} - \frac{\partial u'}{\partial y'}, & G' &= v'\alpha' - u'\beta', & R &= R_1 + R_2, \\ \Phi_1 &= -\int_A \theta' k' d\sigma, & \Phi_2 &= -\int_C q'_n k' ds, & \theta' &= \frac{\partial u'}{\partial x'} + \frac{\partial v'}{\partial y'}, & q'_n &= u'\alpha' + v'\beta', & \Phi &= \Phi_1 + \Phi_2. \end{aligned}\right.$$

Les intégrales curvilignes sont prises dans le sens direct. En opérant comme dans ma Note précédente [1], il vient, quand $k'$ est une fonction

[1] *Comptes rendus*, t. 162, 1916, p. 973.

des différences $x - x'$ et $y - y'$,

$$(2) \qquad \frac{\partial \Phi}{\partial x} + \frac{\partial R}{\partial y} = -\int_A u' \Delta k' \, d\sigma, \qquad \frac{\partial \Phi}{\partial y} - \frac{\partial R}{\partial x} = -\int_A v' \Delta k' \, d\sigma.$$

Pour $k' = \log \frac{1}{r}$, $r^2 = (x - x')^2 + (y - y')^2$, il vient, suivant que le point $M(x, y)$ est à l'intérieur ou à l'extérieur de A,

$$(3) \qquad \left.\begin{matrix} 2\pi u(x, y) \\ 0 \end{matrix}\right\} = \frac{\partial \Phi}{\partial x} + \frac{\partial R}{\partial y}, \qquad \left.\begin{matrix} 2\pi v(x, y) \\ 0 \end{matrix}\right\} = \frac{\partial \Phi}{\partial y} - \frac{\partial R}{\partial x},$$

et ces formules subsistent aussi dans le cas des lignes de discontinuité pour les dérivées partielles. Nous allons supposer données dans A les valeurs de $\xi$ et $\theta$ et sur C les valeurs de $q_n$. Les valeurs de G sur C sont alors déterminées par une équation intégrale bien connue. En effet, nous pouvons supposer $q_n = 0$ sur C, car dans le cas contraire nous pouvons déterminer un vecteur $\overline{p}(\lambda, \mu)$ par la condition $\lambda\alpha + \mu\beta = q_n$ (sur C) et considérer le vecteur $\overline{m} = \overline{q} - \overline{p}$ au lieu de $\overline{q}$. Nous pouvons donc supposer $\Phi_2 = 0$. Cela posé, désignons d'une manière générale par $\varphi(t)$ une fonction $\varphi$ des coordonnées d'un point $t(x, y)$ de la courbe C qui a une tangente déterminée en chaque point et par $\alpha(t)$, $\beta(t)$ les cosinus directeurs de la normale intérieure au point $t$. Il vient

$$G(t) = v(t)\,\alpha(t) - u(t)\,\beta(t).$$

En multipliant les formules préliminaires (2) par $-\beta(t)$ et $\alpha(t)$ et en ajoutant il vient une formule que nous allons appliquer au cas $k' = \log \frac{1}{r}$ et à l'aire $A_1$ comprise dans A et extérieure à un petit cercle $c$ autour de $t$. Lorsque $c$ tend vers le point $t$ nous obtenons à la limite, parce que $\Phi_2 = 0$,

$$(4) \qquad \pi G(t) + \int_b G(s) \frac{\cos\varphi}{r} ds = \frac{\partial \Phi_1}{\partial y} \alpha(t) - \frac{\partial \Phi_1}{\partial x} \beta(t) - \frac{\partial R_1}{\partial x} \alpha(t) - \frac{\partial R_1}{\partial y} \beta(t),$$

$\varphi$ étant l'angle entre la normale intérieure au point $t$ et la droite joignant ce point avec le point $s(x', y')$ dans $ds$. L'expression à droite est connue. Cette équation intégrale détermine complètement les valeurs de $G(t)$ sur C.

Nous obtenons une équation intégrale *exactement de même forme* en connaissant sur C les valeurs de G lorsqu'il s'agit de trouver les valeurs de $q_n$.

Cela posé, considérons un fluide en mouvement dans le plan des $x$, $y$ et limité dans ce plan par un contour C. Soient $\overline{q}(u, v)$ les vitesses à l'instant $t$.

En supposant connus, à l'instant $t$, les tourbillons et les divergences dans l'aire A limitée par C et les valeurs de $q_n$ sur C les vitesses sont déterminées par (3) en résolvant une équation intégrale de la forme (4). Considérons

$$P = -\int_A \theta' \nu' \, d\sigma - \int_C q'_n \nu' \, ds, \qquad Q = \int_A \xi' \nu' \, d\sigma + \int_C G' \nu' \, ds, \qquad \operatorname{tang} \nu' = \frac{y - y'}{x - x'}.$$

Nous obtenons les formules (3) écrites sous les formes suivantes :

$$(5) \quad \begin{cases} 2\pi\, u(x, y) = \dfrac{\partial(R - P)}{\partial y}, & 2\pi\, v(x, y) = -\dfrac{\partial(R - P)}{\partial x}, \\ 2\pi\, u(x, y) = \dfrac{\partial(\Phi + Q)}{\partial x}, & 2\pi\, v(x, y) = \dfrac{\partial(\Phi + Q)}{\partial y}. \end{cases}$$

Les équations des *lignes de courant* sont donc à l'instant $t$

$$(6) \quad R - P = \text{const.}$$

et les équations des *lignes perpendiculaires* aux lignes de courant sont

$$\Phi + R = \text{const.}$$

Dans les parties du fluide où $\zeta' = 0$, ces dernières lignes sont des *lignes équipotentielles*.

ASTRONOMIE. — *Sur la périodicité de l'activité solaire et l'influence des planètes.* Note de M. V. **Kostitzin**, présentée par M. Puiseux.

1. Dans la Note présente je ne veux point défendre la théorie qui attribue la périodicité de l'activité solaire exclusivement à l'influence des planètes. Je crois qu'on doit chercher la cause du cycle solaire dans les conditions initiales de la nébuleuse primitive. Il est facile de voir que les irrégularités inévitables de sa structure ne manqueraient pas de produire des vibrations. Cela ne veut pas dire que je donne au hasard un rôle prépondérant. Au contraire, pour qu'un corps céleste puisse évoluer sans vibrations, un concours de circonstances vraiment extraordinaire serait indispensable.

2. Or, si la périodicité elle-même n'est pas due à l'action de planètes, elles pourraient bien provoquer des cycles secondaires se superposant au cycle principal. Avec la raréfaction et la mobilité extrêmes de la matière dans les régions extérieures du Soleil, chaque planète doit être accompagnée par une onde de marée. C'est peut-être à l'influence du frottement

de ces ondes qu'il faut attribuer le ralentissement de la rotation solaire, et la chaleur reçue par cette voie pourrait bien être une des sources de la vie du Soleil. Bref l'importance cosmique des marées planétaires est indéniable, mais sont-elles suffisantes pour expliquer l'apparition de cycles secondaires ?

3. Dans une Note récente M. Arctowski (¹) a montré l'existence d'un cycle annuel dans l'activité solaire. Si c'est la marée gravitationnelle qui en est la cause, on doit découvrir aussi un cycle trimestriel de Mercure, un cycle de sept mois et demi de Vénus et un cycle de 12 ans de Jupiter aux amplitudes de même ordre de grandeur que le cycle terrestre. Mais ici une question se pose. Où doit-on chercher la cause du changement périodique d'une marée planétaire ? Si c'est l'excentricité de l'orbite qu'il faut considérer, alors Mercure et Jupiter sont plus favorisés que la Terre (ensuite les maxima et minima principaux du cycle annuel de M. Arctowski sont situés assez loin du périhélie et de l'aphélie terrestres). Si c'est l'angle de l'équateur solaire et de l'orbite planétaire, la Terre sans doute a l'avantage sur Mercure et Vénus, mais cet avantage est partagé par Jupiter. De plus, il paraît évident que l'influence de chacune de ces causes est trop petite pour expliquer l'effet observé. En tout cas, ce n'est pas le cycle terrestre qui devrait être découvert le premier. Peut-être cela dépend-il de ce que M. Arctowski se préoccupait spécialement du cycle terrestre.

4. Mais à côté de la marée gravitationnelle on pourrait présumer l'existence d'une *marée* électromagnétique. Si l'on accepte l'hypothèse que le champ magnétique d'un corps céleste a pour cause sa rotation autour d'un axe il devient évident qu'une grandeur électromagnétique analogue au facteur déformant de la théorie des marées doit être proportionnelle à la vitesse angulaire de rotation et inversement proportionnelle au cube de la distance de la planète au Soleil. Ce sera une fonction périodique du temps avec une amplitude d'oscillation d'autant plus grande que l'angle formé par les axes du Soleil et de la planète est plus grand. La masse de la planète et l'importance de son atmosphère auront aussi une influence qu'il est difficile de préciser.

5. Il paraît presque établi que les périodes de rotation de Mercure et de Vénus sont les mêmes que les périodes de leurs révolutions autour du

(¹) *Comptes rendus*, t. 162, 1916, p. 593.

Soleil. Alors, si l'on fait abstraction de leurs masses et de leurs atmosphères, leurs *facteurs déformants* électromagnétiques seraient respectivement 5 et 80 fois plus petits que celui de la Terre.

La masse et l'atmosphère de Mars sont trop insignifiantes pour qu'on puisse attendre de lui une action comparable à celle de la Terre, surtout si l'on prend en considération la distance de Mars au Soleil. Quant à Jupiter l'inclinaison de son axe est tellement petite qu'une variation périodique de sa « marée » électromagnétique dans un effet observable n'est guère probable. Uranus et Neptune sont si éloignés que la grandeur de leurs distances compense avec excès l'influence de leurs vitesses de rotation et des angles d'inclinaison de leurs axes. Il ne reste que Saturne dont l'action magnétique pourrait varier d'une manière observable. On voit donc que sous ce rapport la Terre occupe vraiment une situation privilégiée dans le système solaire. Il est remarquable que les époques des maxima et minima principaux du cycle annuel sont situées très près de celles des équinoxes et sont justement opposées pour les hémisphères Nord et Sud du Soleil. En dehors de l'hypothèse des « marées » électromagnétiques on ne voit pas une explication qui peut rendre compte de ces faits.

Il serait intéressant de rechercher dans les périodogrammes de l'activité solaire d'autres cycles secondaires et d'examiner à nouveau la question de l'influence de divers groupes de planètes, cette fois-ci au point de vue de l'hypothèse électromagnétique.

6. Il y a toutefois une objection grave à faire contre la manière de procéder de M. Arctowski. Il prend en bloc les observations de 1852 à 1913 et en déduit les moyennes mensuelles. La courbe qu'il obtient présente des maxima et minima. Or, si l'on prend au hasard une quantité de nombres qu'on distribue d'une façon arbitraire dans 12 groupes, par exemple, la courbe représentative de leurs moyennes aura toujours des maxima et minima tout comme les courbes de M. Arctowski. Ce qu'il serait important de faire c'est de montrer que ces maxima et minima se reproduisent plus ou moins régulièrement depuis la date des observations du Soleil. D'autre part, à ce qu'il paraît, il serait préférable de prendre les moyennes mensuelles séparément pour les époques des maxima et minima de l'activité solaire.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Action de la lumière sur l'iode et l'iodure d'amidon en milieu aqueux*. Note de M. H. **Bordier**, transmise par M. A. Gautier.

L'eau iodée n'est pas une véritable solution : j'ai montré (1) que l'iode se trouve, en milieux aqueux, à l'état colloïdal, c'est-à-dire à l'état de particules ultra-microscopiques.

L'iodure d'amidon est également à l'état colloïdal en milieu aqueux.

J'ai constaté que les rayons solaires avaient une action sur ces deux pseudo-solutions. Pour déceler cette action, il est nécessaire de se placer dans des conditions telles que le phénomène ne soit pas masqué, et pour cela, il faut choisir une concentration très faible.

L'eau iodée peut se préparer en laissant tomber avec un compte-gouttes normal dix gouttes de teinture d'iode à 10 pour 100 dans un litre d'eau et en agitant après la chute de chaque goutte. L'eau iodée ainsi obtenue contient 18$^{mg}$ d'iode, elle a une coloration jaune brun.

Pour l'iodure d'amidon on laisse tomber dans un litre d'eau additionnée d'un peu d'empois d'amidon fraîchement cuit trois gouttes de teinture d'iode au dixième : on obtient ainsi une belle liqueur bleue (2).

L'eau iodée et l'iodure d'amidon ainsi préparés se prêtent bien aux expériences que je vais décrire : il suffit de placer ces liquides dans des flacons en verre blanc et de les exposer à la lumière. Après quelques heures, on constate que l'iodure d'amidon est complètement décoloré, tandis que le même liquide conservé dans l'obscurité possède toujours sa belle couleur. On peut faire réapparaître la coloration bleue avec des traces d'iode ajoutées au liquide décoloré par la lumière.

L'eau iodée dans les mêmes conditions a également perdu sa couleur jaune et l'addition d'empois d'amidon ne donne plus aucune coloration bleue, alors que l'eau iodée témoin, conservée à l'abri des rayons solaires, se colore fortement en bleu.

L'iodure d'amidon et l'eau iodée faibles sont très commodes pour apprécier la qualité de protection des différents verres employés en

---

(1) *Société de Médecine de Lyon*, 1er mai 1911 (*Lyon médical*, 23 juillet 1911, p. 174).

(2) Incidemment, je ferai remarquer que, quand l'empois d'amidon a fermenté, après quelques jours d'exposition à l'air, la coloration est violette au lieu d'être bleue. L'action de la lumière reste d'ailleurs la même.

Chimie et en Pharmacie dans le but de soustraire certaines substances à l'altération de la lumière : j'ai constaté que le verre jaune qui passe pour être le meilleur de ces verres, ou tout au moins qui est le plus employé, n'empêche nullement la décoloration de l'iodure d'amidon, pas plus que la disparition de l'iode de l'eau iodée.

Les modifications produites par la lumière sur l'iodure d'amidon et l'eau iodée sont dues évidemment aux rayons photochimiques du spectre : mais par quel mécanisme ?

L'hypothèse suivante peut être émise :

Les particules d'iode à l'état colloïdal sont chargées d'électricité et se comportent un peu comme de gros ions ; par suite, les propriétés chimiques de ces particules électrisées ne sont pas exactement identiques à celles de de l'iode libre. Or les rayons violets et ultraviolets produisent des effets d'ionisation qui à la longue enlèveraient aux particules d'iode colloïdal leurs charges électriques : ces particules, ainsi déchargées, acquerraient des propriétés chimiques qu'elles n'avaient pas auparavant. Elles pourraient alors se combiner avec l'hydrogène de l'eau pour former de l'acide iodhydrique.

Avec l'iodure d'amidon, les choses se passeraient exactement de la même façon.

Dans l'un et l'autre cas, la réaction devient acide après la décoloration des liqueurs.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Relations entre la constitution chimique de certains dérivés des amino-acides et le mode d'attaque de ceux-ci par les bactéries.* Note [1] de M. A. BLANCHETIÈRE, transmise par M. Armand Gautier.

Au cours d'un travail exécuté dans un tout autre ordre d'idées, j'ai été amené à me préoccuper de l'action du bacille fluorescent liquéfiant de Flügge sur l'asparagine.

En opérant sur le milieu suivant : NaCl pur, $5^g$; $PO^4HNa^2$ cristallisé, $1^g$; $PO^4HK^2$ cristallisé, $1^g$; asparagine, $5^g$; $H^2O$ distillée, quantité suffisante pour $1000^{cm^3}$, j'ai pu constater la formation d'importantes quantités d'acide succinique : $2^l$ du milieu de culture précédent m'ont, en effet, fourni plus de $3^g$ d'acide succinique, ce qui donne un rendement approchant 50 pour 100

(1) Séance du 14 août 1916.

de la théorie. La production de l'acide succinique se fait par l'intermédiaire de l'acide malique.

Or d'autres auteurs ont constaté la production d'acide fumarique. Emmerling et Reiser (¹) signalent l'absence d'acide succinique et la production d'acide fumarique sous l'action du fluorescens.

La personnalité d'Emmerling ne permettant pas de doute sur la réalité de ses constatations et, d'autre part, mes propres expériences mettant sans conteste en évidence la production d'acide succinique, il y avait lieu de rechercher l'explication de ces résultats divergents.

1° *Formation intermédiaire de l'acide α-cétonique.* — On sait que les travaux de Neubauer, Neuberg et leurs collaborateurs etc., ont mis en évidence la formation transitoire de l'acide α-cétonique dans le passage de l'α-amino-acide à l'α-hydroxy-acide.

Cette formation de l'acide α-cétonique, établie d'abord dans l'attaque des amino-acides par les organismes supérieurs, a été mise en évidence dans ces dernières années, surtout par les travaux de Neuberg et de son école, dans l'attaque de ces mêmes corps par les levures, puis par les bactéries.

En particulier, Neuberg et Ringer (²) ont mis en évidence la formation des acides oxalacétique et α-cétoglutarique dans l'attaque des acides aspartique et glutamique par des bactéries d'ailleurs indéterminées.

Je montrerai ailleurs qu'il en est de même avec le fluorescens dans le milieu indiqué précédemment.

2° *Conséquences de la formation de l'acide α-cétonique.* — Cette formation intermédiaire de l'acide α-cétonique me paraît de nature à expliquer les deux résultats constatés plus haut : soit que certaines races du fluorescens agissent de préférence sur la forme cétonique de l'acide et d'autres sur sa forme œnolique, soit que la forme œnolique soit plus stable dans certains milieux de culture que dans d'autres.

On peut en effet considérer l'acide α-cétonique sous deux formes :

A. *Forme cétonique :*

$$COOH - CH^2 - CO - COOH,$$

(¹) EMMERLING et REISER, *D. chem. Gesells.*, t. 35, 1902, p. 700.

(²) C. NEUBERG et M. RINGER, *Ueber das Wesen der natürlichen Bernsteinsäurebildung : I. Die Bernsteinsäuregärung der α-Ketoglutarsäure ; II. Die Entstehung von Bernsteinsäure bei der Fäulnis von Ketoglutarsäure* (*Biochem. Zeits.*, t. 71, 1915, p. 226-236 et 237-244).

dont la réduction conduira tout d'abord à l'acide malique

$$COOH - CH^2 - CO - COOH + H^2 = COOH - CH^2 - CH(OH) - CHOH$$

puis à l'acide succinique

$$COOH - CH^2 - CH(OH) - COOH + H^2 = H^2O + COOH - CH^2 - CH^2 - COOH.$$

B. *Forme œnolique :*

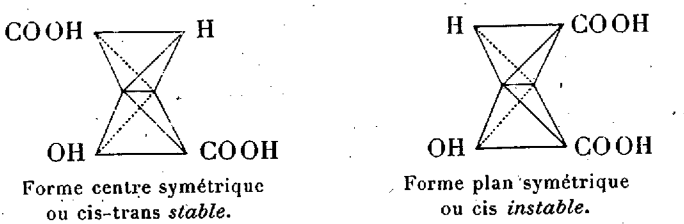
$$COOH - CH = C(OH) - COOH,$$

dont la réduction conduit à un acide non saturé

$$COOH - CH = C(OH) - COOH + H^2 = H^2O + COOH - CH = CH - COOH.$$

Je dis, sans plus m'avancer, à un acide non saturé, voyons lequel.

La forme œnolique de l'acide oxalacétique présente, en effet, l'isomérie géométrique et peut, dès lors, exister sous deux formes :




Forme centre symétrique ou cis-trans *stable*.

Forme plan symétrique ou cis *instable*.

La forme *centre symétrique* stable conduit, par réduction, à l'acide fumarique également stable, ce qui est conforme aux constatations d'Emmerling et Reiser, tandis que la forme *plan symétrique* instable conduit à l'acide maléique instable et qui, de fait, n'a pas été rencontré. Tout est donc conforme à l'expérience.

3° *Légitimité de la conception de la forme œnolique.* — Cette conception de la forme œnolique est généralement admise par les chimistes comme forme transitoire dans la formation d'un certain nombre d'acides α-cétoniques.

Je n'en citerai qu'un exemple : celui de la formation de l'acide pyruvique par décomposition pyrogénée de l'acide tartrique (Berzelius) ou de l'acide glycérique (Moldenhauer), décomposition pyrogénée au cours de laquelle il se formerait d'abord un acide α-oxy-acrylique

$$\underset{\text{Acide tartrique.}}{COOH - CHOH - CHOH - COOH} = H^2O + CO^2 + \underset{\text{Acide } \alpha\text{-oxy-acrylique.}}{COOH - C(OH) = CH^2},$$

$$\underset{\text{Acide glycérique.}}{COOH - CHOH + CH^2OH} = H^2O + \underset{\text{Acide } \alpha\text{-oxy-acrylique.}}{COOH - C(OH) = CH^2},$$

que la chaleur transforme en son isomère, l'acide pyruvique

$$COOH - C(OH) = CH^2 = COOH - CO - CH^3.$$

De plus, dans la conception qu'on se fait actuellement du passage de l'α-amino-acide à l'acide α-cétonique, on admet l'existence d'un stade intermédiaire, l'hydrate d'imino-acide

$$COOH - CH^2 - \underset{NH^2}{\underset{|}{CH}} - COOH + O = COOH - CH^2 - \overset{OH}{\overset{|}{\underset{NH^2}{\underset{|}{C}}}} - COOH.$$

Dès lors, on s'explique facilement la formation de la forme œnolique par départ de $1^{mol}$ d'ammoniaque aux dépens de $2^{at}$ de carbone intermédiaires de ce dernier corps,

$$COOH - \overset{H}{\overset{|}{\underset{H}{\underset{|}{C}}}} - \overset{OH}{\overset{|}{\underset{NH^2}{\underset{|}{C}}}} - COOH = NH^3 + COOH - CH = C(OH) - COOH.$$

*En somme*, la conception de deux formes tautomères de l'acide oxalacétique correspond à la fois aux données théoriques et aux constatations expérimentales.

En se reportant aux travaux de Neuberg et de ses élèves concernant l'action des bactéries sur l'acide α-cétoglutarique

$$COOH - CH^2 - CH^2 - CO - COOH,$$

on arriverait à une conception analogue.

CHIMIE PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Influence exercée par le degré de réduction des hémochromogènes sur leurs propriétés spectrales.* Note (¹) de MM. **Ch. Dhéré** et **G. Vegezzi**, présentée par M. A. Dastre.

I. Nous avons fait connaître récemment (²) que la réduction, en *tube scellé*, par l'hydrosulfite de sodium en poudre, d'une solution alcoolique faible (55 pour 100 environ) et légèrement acide d'hématine pure, fournit de l'*hémochromogène acide* caractérisé par un spectre qui, très analogue d'aspect à celui de l'hémochromogène alcalin ordinaire, est pourtant dis-

(¹) Séance du 31 juillet 1916.
(²) *Comptes rendus*, t. 163, 1916, p. 18.

tinct de celui-ci, car les deux premières bandes sont décalées vers le rouge, les axes étant $\lambda\, 564^{\mu\mu},2$ pour la bande $\alpha$ et $\lambda\, 527^{\mu\mu},7$ pour la bande $\beta$.

Quand on effectue la réduction en *tube ouvert* (ou en tube bouché, mais non scellé), toutes les autres conditions restant semblables, on obtient un hémochromogène ayant un spectre assez différent : les deux bandes $\alpha$ et $\beta$ ont respectivement pour axes $\lambda\, 576$ et $\lambda\, 540$, c'est-à-dire qu'elles sont fortement rejetées vers le rouge (ces axes coïncident à peu près avec ceux des bandes de l'oxyhémoglobine). En comparant ces deux hémochromogènes acides à des concentrations et sous des épaisseurs égales, on note aussi que l'hémochromogène acide préparé en tube ouvert offre des bandes relativement très faibles, la première étant notablement plus large, et que la liqueur est colorée en rouge bien moins vif.

II. Si l'on opère la réduction (toujours avec l'hydrosulfite de la solution alcoolo-aqueuse d'hématine pure), en milieu *fortement alcalin*, on observe des spectres encore plus différents suivant que la réduction a lieu en tube scellé ou non.

En *tube ouvert*, le spectre est constitué par deux bandes de largeurs très inégales : la bande $\alpha$, relativement très étroite, a pour axe $\lambda\, 590,7$; la bande $\beta$, plus de trois fois aussi large, a pour axe $\lambda\, 559,2$. Ce spectre ne correspond pas du tout, on le voit, au spectre que présente l'hémochromogène acide en tube ouvert. Par contre, si l'on scelle le tube, le spectre de l'hémochromogène alcalin (¹) devient sensiblement identique à celui de l'hémochromogène acide en tube scellé.

III. Nous avons maintenant à considérer l'influence qu'exerce le degré de réduction sur les propriétés spectrales de l'hémochromogène alcalin des auteurs ou *ordinaire*, qui, comme l'ont bien montré Bertin-Sans et Moitessier (1893), ne peut se former qu'en présence de protéines, de corps à fonction amine ou d'ammoniaque (²).

(¹) Après ouverture du tube, on contrôle que la réaction est restée fortement alcaline.

(²) Rappelons que, d'après ces auteurs, l'hématine pure en solution *aqueuse* alcaline (dans de la soude à 1 pour 100 par exemple), après réduction par divers sulfures d'alcalis par le tartrate ferreux, par l'hydrosulfite de sodium, fournit un spectre à *une seule* bande (milieu sur la raie D). Pour notre part, en ajoutant de l'hydrosulfite de sodium en poudre à une solution *aqueuse*, fortement alcalinisée, d'hématine pure, nous avons obtenu une liqueur alcaline présentant un spectre manifestement à *deux* bandes ayant respectivement pour axes : $\lambda 580$ et $\lambda 544$. Il s'agit, d'ailleurs, de bandes assez faibles, à bords estompés.

Lorsqu'on ajoute à de l'hématine pure, en solution dans l'alcool faible alcalinisé, de l'hydrate d'hydrazine, il y a, comme en solution aqueuse, production d'hémochromogène ordinaire typique dont les bandes α et β ont respectivement pour axes : λ554,7 et λ520,0. Vient-on alors à sceller le tube, on observe, après agitation du contenu, que le spectre s'est profondément modifié : les deux bandes ont maintenant une intensité à peu près égale, et c'est même la bande β, si pâle auparavant, qui est devenue la plus foncée. Le spectre est donc d'un tout autre type, et l'on constate encore que les axes des bandes sont décalés vers le rouge. Ces axes sont respectivement : λ568,6 et λ533,4.

Les résultats sont analogues quand on réduit par l'hydrosulfite de sodium de l'hématine alcaline obtenue en faisant dissoudre de l'hémoglobine dans de l'alcool faible fortement alcalinisé : en tube ouvert, on a le spectre typique de l'hémochromogène ordinaire [1]; en tube scellé, ce spectre se transforme en celui qui vient d'être décrit. Mêmes résultats aussi en opérant sur une solution alcoolo-aqueuse, fortement alcaline, d'hématine pure additionnée de protoprotéose et réduite par l'hydrosulfite.

IV. Il résulte donc de nos recherches que, soit l'*hémochromogène acide* (hémochromogène libre ou *prohémochromogène*), soit l'*hémochromogène alcalin* [hémochromogénate de sodium formé en l'absence de tout composé (autre que l'hématine) renfermant un groupement hydrogéné de l'azote], soit l'*hémochromogène alcalin ordinaire* (formé au moyen d'hydrate d'hydrazine ou en présence de protéines) offrent, en solutions alcoolo-aqueuses, des spectres d'absorption *très différents* suivant que la réduction a lieu en *tube scellé* ou en *tube ouvert*. Les positions des bandes de ces divers spectres sont groupées dans le Tableau suivant :

| | En tube : | Bande α. | Bande β. |
|---|---|---|---|
| Hémochromogène *acide* | *scellé*.... | 571,5—557,0 | 535,0—520,5 |
| | *ouvert*... | 587,0—565,5 | 548,0—531,5 |
| Hémochromogène *alcalin* | *scellé*.... | 572,2—557,0 | 535,0—519,7 |
| | *ouvert*... | 595,5—587,0 | 573,5—546,0 |
| Hémochromogène alcalin *ordinaire* | *scellé*.... | 576,2—561,0 | 542,0—524,7 |
| (hématine pure + hydrate d'hydrazine) | *ouvert*... | 565,5—544,0 | 529,5—510,5 |

[1] D'une façon plus précise, les axes des bandes sont λ558 et λ525. Notons que l'hémochromogène fourni par l'hydrosulfite a des bandes moins réfrangibles que celui fourni par l'hydrate d'hydrazine. L'hémochromogène préparé à partir d'hématine non purifiée (hémoglobine traitée par un alcali) a aussi des bandes moins réfrangibles que celui préparé à partir d'hématine pure.

L'intensité et la largeur relatives des bandes permettent, comme nous l'avons indiqué plus haut, de distinguer *plusieurs types* de spectres.

Nous croyons que les hémochromogènes obtenus en *tubes scellés* ne diffèrent des autres qu'en ce qu'ils constituent des produits de *réduction complète*. En effet, toutes les modifications déterminées par cette condition sont *réversibles*. Ainsi, supposons qu'on ouvre le tube scellé contenant la solution alcoolo-aqueuse d'hématine additionnée d'hydrate d'hydrazine (voir § III); lentement en laissant le tube ouvert au repos, rapidement par agitation du contenu à l'air, le spectre se modifie et les bandes de l'hémochromogène ordinaire apparaissent. Ce cas, pris comme exemple, nous montre que la formation de l'hémochromogène *ordinaire*, en solution alcoolo-aqueuse, exige non seulement la présence de certains composés azotés, mais encore, semble-t-il, le *concours de traces d'oxygène libre*.

La séance est levée à 15 heures trois quarts.

G. D.

---

## *ERRATA.*

(Séance du 17 juillet 1916.)

Note de M. *J. Delphy,* Scoliose abdominale chez le *Mugil auratus* Risso, etc. :

Page 71, *fig.* 1 et 2, *au lieu de* $\times 1$, *lire* $\times \frac{1}{2}$.
Page 72, ligne 2, *au lieu de* la même, *lire* le même.
Page 73, ligne 9, *supprimer* subpiriforme.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 28 AOUT 1916.

PRÉSIDENCE DE M. PAUL APPELL.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MINÉRALOGIE. — *La constitution des roches volcaniques de l'Archipel des Comores.* Note de M. **A. Lacroix**.

L'Archipel des Comores est entièrement volcanique : on connaît peu de choses sur sa constitution intime, M. Max Bauer seulement a publié (1) une diagnose minéralogique des roches qu'y a recueillies le voyageur Voeltzkow. Je n'ai personnellement fait que longer une partie des côtes de Mayotte et de Pamanzi, avec escale à Dzaoudzi, où j'ai réuni d'intéressants échantillons; mais le regretté gouverneur F. Foureau (1907) et, plus tard, l'administrateur en chef Garnier-Mouton ont bien voulu faire recueillir systématiquement des roches dans tout l'archipel; c'est l'étude de ces documents, joints à ceux d'autres provenances, qui me permet de donner une idée d'ensemble sur la constitution minéralogique de cette région.

Si l'on excepte les champs de laves modernes de la Grande Comore et aussi les petites îles Pamanzi-Dzaoudzi, les recherches géologiques sont très difficiles aux Comores; les tufs basaltiques y prédominent et ces roches poreuses, plus encore que les coulées, sont profondément altérées; elles fournissent alors un sol d'une grande fertilité, expliquant l'intensité de la végétation tropicale qui cache presque partout le sous-sol. Je donnerai tout d'abord quelques renseignements sommaires sur la constitution de chacune des îles pour m'occuper ensuite de la composition des laves elles-mêmes.

L'activité éruptive est depuis longtemps localisée à la Grande Comore.

---

(1) *In* Voeltzkow, *Reise in Ost Africa in den Jahren* 1903-1905, Bd I, Abth. II, 1911, p. 53.

L'excellente carte topographique reproduite ci-contre permet de se rendre compte de la structure du grand volcan dont les déjections constituent toute l'île. Il consiste essentiellement en un cône, le mont Karthala, couronné par un cratère dont les bords se dressent à $2560^m$. Il a été surtout édifié par des matériaux de projection basaltiques accompagnés par des coulées de nature basique (basaltes, ankaramites, etc.) qui se sont déversées dans toutes les directions. Les coulées modernes sont dépourvues de végétation, au moins jusqu'à l'altitude de $1000^m$.

Le régime actuel du volcan est facile à préciser : les éruptions centrales sont exceptionnelles, car, parmi les éruptions qui sont datées, je ne puis citer que celle de 1860, qui soit issue du cratère. Comme à l'Etna, les éruptions radiales sont presque la règle; elles s'effectuent par des fissures dont l'altitude oscille entre $1800^m$ et $600^m$ (1). En général, le haut des fentes est jalonné de petits cônes de scories; tel est le cas pour celles des éruptions de 1857, 1858, 1859, 1862, 1880 et 1904 (février). Exceptionnellement, comme en 1872, la lave s'épanche sans phénomènes explosifs. Sur la carte ci-contre les principales de ces coulées ont été reportées d'après les indications dues à M. Carton, ancien résident dans l'île; on voit que d'ordinaire les laves descendent jusqu'à la mer en dévastant les régions cultivées : il n'en a pas été ainsi pour la coulée de 1904 qui a recouvert en partie celle de 1858; elle est représentée sur la carte par une teinte plus foncée. Ces laves sont très fluides, les coulées cordées fréquentes; elles renferment (Nioumbadjou) des tunnels de lave avec stalactites rappelant celles de la Réunion et de Hawaï. L'île est parsemée d'un rès grand nombre de petits cônes parasites intacts ou démantelés; dans la région de Moroni, il existe des cônes à cratère à un niveau voisin de celui de la mer (Iconi, M'bachilé, environs d'Itsandra) et aussi à une altitude supérieure M'vouni ($400^m$). Au nord du mont Karthala se développe un plateau atteignant environ $400^m$, en partie couvert par des laves plus anciennes, très chaotiques dénudées ou couvertes d'une pauvre végétation.

Dans les autres îles, la forme des appareils a souvent disparu; les roches basaltiques dominent, elles sont accompagnées de tufs palagonitiques; mais on y trouve aussi quelques roches de composition différente.

A Moheli, le type dominant parmi les roches noires est feldspathique [M'leguete, Ouani, Bandani, Bandamele, près Fomboni, Miremani (avec grands cristaux de hornblende), îlot Djoumadjini]; il existe aussi des types limburgitiques (près Fomboni, Mgudjubueni, Miremani), des néphé-

(1) Des fumerolles actives se trouvent sur le flanc sud-est de la montagne.

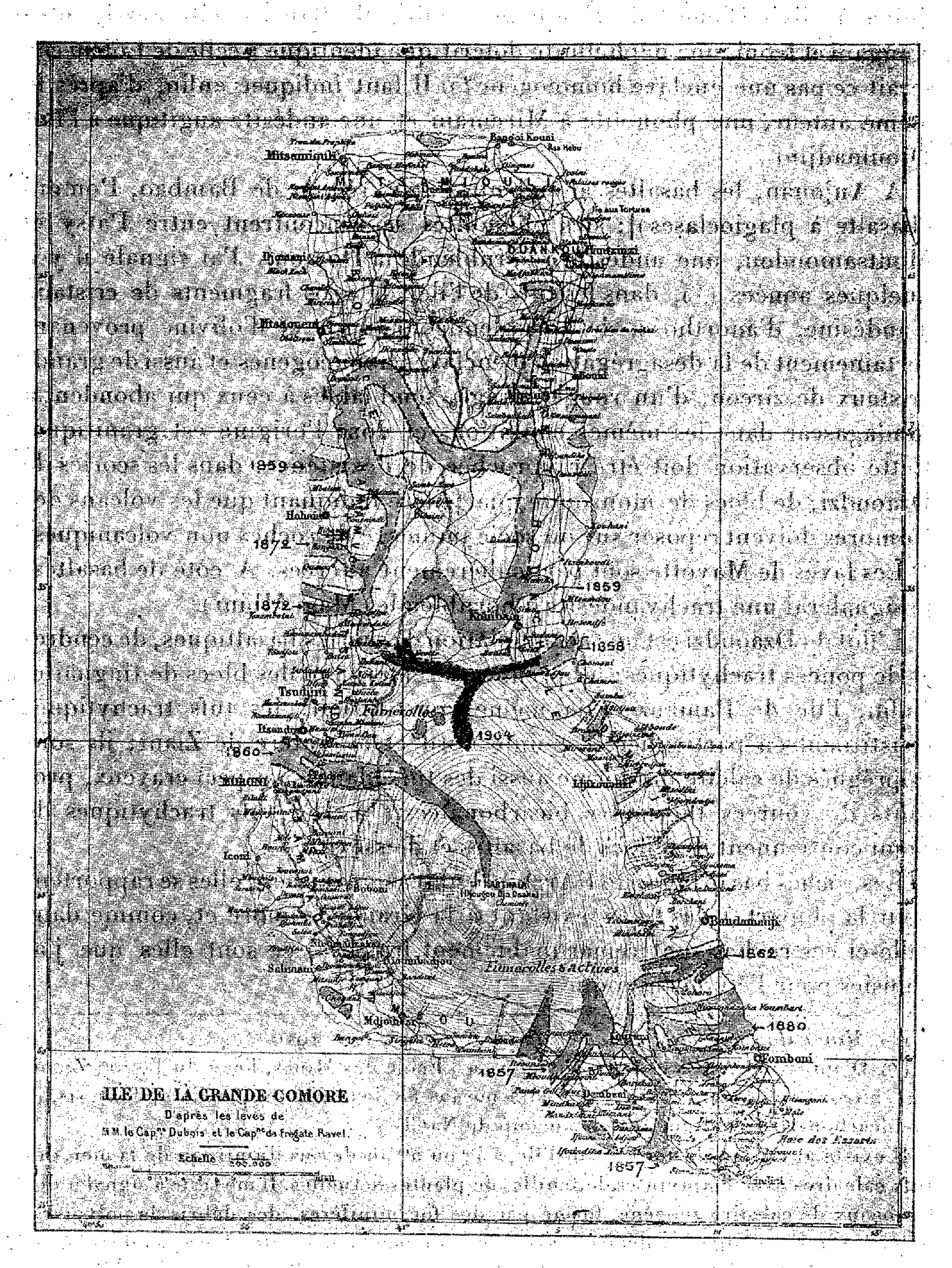



Fig. 1. — Principales coulées récentes de la Grande Comore.

linites à olivine (ouest de Fomboni); enfin, M. Bauer a cité aussi, entre Kangani et Iconi, une néphélinite doléritique identique à celle de Löbau (ne serait-ce pas une enclave homœogène?). Il faut indiquer enfin, d'après le même auteur, une phonolite à Miremani et une andésite augitique à l'îlot Djoumadjini.

A Anjouan, les basaltes abondent [Patsy, région de Bambao, Pomoni (basalte à plagioclases)]; des phonolites se rencontrent entre Patsy et Moutsamoudou, une andésite à hornblende à Domoni. J'ai signalé il y a quelques années ([1]), dans les tufs de l'île, de gros fragments de cristaux d'andésine, d'anorthose, de hornblende, d'augite et d'olivine provenant certainement de la désagrégation d'enclaves homœogènes et aussi de grands cristaux de zircon, d'un rouge orangé, semblables à ceux qui abondent à Madagascar dans les mêmes conditions et dont l'origine est granitique. Cette observation doit être rapprochée de l'existence, dans les scories de Dzaoudzi, de blocs de monzonite quartzifère indiquant que les volcans des Comores doivent reposer sur un socle immergé de roches non volcaniques.

Les laves de Mayotte sont particulièrement altérées. A côté de basaltes, je signalerai une trachyandésite à hornblende (Magi Mbini).

L'îlot de Dzaoudzi est une accumulation de scories basaltiques, de cendres et de ponces trachytiques; les premières renferment des blocs de tinguaite. Enfin, l'île de Pamanzi a la même constitution; les tufs trachytiques constituent en particulier la pointe nord et le cratère de Ziani; ils sont imprégnés de calcite qui forme aussi des tufs blancs, à aspect crayeux, produits de sources thermales bicarbonatées ([2]). Les tufs trachytiques de Ziani contiennent des blocs de basaltes et d'essexite.

Les roches basaltiques de l'Archipel sont assez variées; elles se rapportent pour la plupart à des types existant à la Grande Comore et, comme dans celle-ci ces roches sont remarquablement fraîches, ce sont elles que j'ai choisies pour l'étude chimique.

---

([1]) *Minéralogie de la France et de ses Colonies*, t. 4, 1910.

([2]) D'après une analyse faite autrefois à l'École des Mines, l'eau du lac de Ziani, qui se trouve au niveau de la mer, renferme $42^g,88$ de résidu sec par litre, dont $21^g,48$ de bicarbonate de sodium avec beaucoup de NaCl.

Il existe aussi dans le nord-est de l'île, à $4^m$ ou $5^m$ au-dessus du niveau de la mer, des tufs calcaires avec empreintes de feuilles de plantes actuelles. Il me reste à signaler des lambeaux de calcaire zoogène, formé par des foraminifères, des débris de polypiers, de mollusques, d'algues calcaires, avec des fragments d'augite, hornblende, plagioclases, magnétite, etc. C'est une roche de formation actuelle identique à celles qui sont si fréquentes sur les côtes bordées, comme aux Comores, par des récifs coralliens.

Les types les plus fréquents sont mésocrates; on peut y distinguer deux variétés, la première est pauvre en olivine ou ne renferme pas ce minéral (Badjini : Tsinimoichango, Kourani; Bambao : Moroni; Oussivo : région d'Itsandra; cratère du Karthala, lave de 1860). Une autre variété renferme en quantité plus ou moins grande des phénocristaux d'olivine avec (Badjini : Dembeni) ou sans (Bambao; Mitsondji) phénocristaux d'augite; ce type passe progressivement à des basaltes mélanocrates très riches en gros cristaux d'olivine et d'augite (ankaramite du cratère d'Iconi décrite dans ma Note précédente). Toutes les structures possibles depuis la vitreuse jusqu'à la doléritique se rencontrent dans ces diverses roches. J'ai retrouvé dans les coulées cordées ce type structurel très riche en verre absolument dépourvu de magnétite et souvent de feldspaths que j'ai décrit dans les laves de l'Etna et de la Réunion.

Enfin, un dernier type assez abondant est une ankaratrite [1] limburgitique (Bangoi Kouni dans le Mitsiamiouli, etc.), riche en phénocristaux d'olivine (avec octaèdres de spinelle) et en microlites d'augite distribués dans un verre brunâtre avec octaèdres et cristallites de magnétite.

Quant aux tufs palagonitiques de la Grande Comore (Iconi, la Convalescence, etc.), de Moheli (Fomboni, etc.), etc., ils sont surtout constitués par de petits fragments de verre brun rouge, sans feldspaths ni magnétite, appartenant aux divers types de basaltes mésocrates.

Les analyses ci-après montrent que les basaltes pauvres en olivine appartiennent à deux types chimiques [2], rapprochés de composition, mais différant l'un de l'autre notamment par leur teneur en alcalis. Bien que cette différence soit minime, elle a cependant son importance : le calcul met en effet en évidence dans la lave du cratère de Karthala environ 9 pour 100 de néphéline possible qui n'est pas exprimée, mais, dans les enclaves essexitiques de Ziani, qui ont la même composition chimique, la néphéline apparaît sous forme de grands cristaux qui moulent les autres éléments (labrador, augite, hornblende, biotite). Cet exemple montre tout l'intérêt du calcul de la composition virtuelle des roches, il met en évidence les

---

(1) Je désigne sous le nom d'*ankaratrites* les basaltes néphéliniques mélanocrates du type de ceux du centre de Madagascar et en particulier de l'Ankaratra; ils comportent des formes uniquement néphéliniques ou bien riches en mélilite et d'autres, dépourvues d'éléments blancs biréfringents (ankaratrites limburgitiques).

(2) Il n'est guère possible de distinguer entre eux de différence minéralogique : cependant les types essexitiques renferment parfois de petites plages monoréfringentes que j'ai prises autrefois pour de la leucite (*Nouvelles Archives du Muséum*, t. 1, 1901, p. 156); l'analyse donnée plus loin ne paraît pas confirmer cette hypothèse.

possibilités minéralogiques de leur magma; il fait voir en outre la nécessité de distinguer dans les classifications minéralogiques les basaltes proprement dits (types III.5.3.4 et III.5.4.4), sans quantité notable de néphéline virtuelle, des basaltes essexitiques ou théralitiques (III.6.3.4), dont la forme grenue est plus ou moins néphélinique; cette considération explique la cause de la différence de composition minéralogique des enclaves homœogènes des laves de la France centrale; dans le Massif du Mont-Dore en particulier, j'ai montré que, sur les flancs de la Banne d'Ordanche dont le basalte comporte un peu de néphéline virtuelle, il existe des blocs d'essexite assez riche en néphéline; tandis que la plupart des autres basaltes du type III.5.4.4 ne renferment comme enclaves homœogènes que des gabbros et des diorites basiques dépourvus de néphéline.

Enfin, il me reste à étudier la tinguaite de Dzaoudzi; elle est d'un vert poireau et compacte, avec parfois tendance à une texture globuleuse; la densité est de 2,43. L'examen microscopique fait voir de 8 à 10 pour 100 de fines aiguilles d'augite ægyrinique bordées d'ægyrine et quelques microlites d'orthose, disséminés dans une matière isotrope, incolore (verre et cristaux d'analcime). L'analyse *f* montre qu'il s'agit là d'une tinguaite pauvre en néphéline virtuelle : c'est une obsidienne tinguaitique, dans laquelle l'analcime est à peu près le seul élément blanc cristallisé.

*Analyses* (par M. Raoult). — *a.* Basalte mésocrate très vitreux, Oussivo : III.5.3'.4; *b.* basalte essexitique, cratère du Karthala (lave de 1860) : III.(5)(6).3.4; *c.* essexite grenue, cratère de Ziani : (III'.6.3.4); *d.* ankaramite, Iconi : [*IV.5'.3'.4*] IV.(1)(2).'3.2.2; *e.* ankaratrite limburgitique, Bangui Kouni : [*'VI. 7.3.'4*] IV.(1)2.3.2.2; *f.* tinguaite analcimique, Dzaoudzi : I(II).5.(1)(2).4.

| | *a.* | *b.* | *c.* | *d.* | *e.* | *f.* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $SiO^2$ | 47,36 | 46,50 | 45,10 | 45,84 | 42,00 | 56,30 |
| $Al^2O^2$ | 12,50 | 14,66 | 14,58 | 7,45 | 11,04 | 19,24 |
| $Fe^2O^3$ | 2,26 | 3,69 | 3,47 | 1,66 | 3,94 | 4,04 |
| FeO | 10,51 | 9,32 | 9,10 | 9,64 | 7,71 | 1,29 |
| MgO | 7,05 | 6,04 | 7,20 | 16,76 | 16,38 | 0,88 |
| CaO | 13,24 | 12,00 | 10,96 | 12,64 | 12,50 | 2,10 |
| $Na^2O$ | 2,25 | 3,33 | 3,86 | 1,38 | 2,32 | 7,53 |
| $K^2O$ | 1,37 | 1,38 | 1,57 | 0,99 | 1,65 | 3,91 |
| $TiO^2$ | 2,87 | 2,29 | 2,42 | 3,00 | 1,83 | 0,65 |
| $P^2O^5$ | 0,44 | 0,41 | 0,63 | 0,42 | 0,53 | 0,08 |
| $H^2O$ à 105° | 0,09 | 0,16 | 0,17 | 0,10 | 0,04 | 1,42 |
| » au rouge | 0,18 | 0,10 | 0,85 | 0,32 | 0,37 | 2,74 |
| | 100,12 | 99,88 | 99,91 | 100,20 | 100,31 | 100,18 |

Cette série devrait être complétée par l'analyse du basalte néphélinique (sa composition est certainement très voisine de celle de la roche $e$), de la phonolite, ainsi que de la trachyandésite à hornblende, mais les échantillons que j'ai en mains ne sont pas suffisamment frais pour fournir une analyse démonstrative.

## MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

### *Sur les tourbillons dans un liquide à température variable;* par M. Friedmann.

1. On peut arriver aux équations de Helmholtz en éliminant la pression $p$ entre les équations hydrodynamiques. La pression $p$ est considérée, dans ce cas, comme dépendant seulement du volume spécifique $\omega$ et non point de la température T.

Si l'on ne veut pas faire cette dernière restriction, on obtient, comme résultat de l'élimination des fonctions $p$ et $\omega$ entre les équations hydrodynamiques, une suite de conditions qui ne contiennent que les projections des forces extérieures X, Y, Z agissant sur l'unité de masse, et les projections des vitesses $u$, $v$, $w$ avec leurs dérivées partielles de différents ordres par rapport au temps $t$ et aux coordonnées $x$, $y$, $z$.

On est toujours amené à ces conditions quand on étudie les différents cas particuliers des mouvements d'un liquide à température variable. Quand un tel problème admet une solution, nos conditions permettent d'exprimer les quantités $p$ et $\omega$ à l'aide des vitesses $u$, $v$, $w$; ces expressions vérifient les équations hydrodynamiques.

2. Les équations hydrodynamiques peuvent être mises sous la forme

$$(1)\quad \left\{\begin{aligned} &\frac{\partial p}{\partial x}=\frac{X-\dfrac{du}{dt}}{\omega},\qquad \frac{\partial p}{\partial y}=\frac{Y-\dfrac{dv}{dt}}{\omega},\qquad \frac{\partial p}{\partial z}=\frac{Z-\dfrac{dw}{dt}}{\omega},\\ &\theta=\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial v}{\partial y}+\frac{\partial w}{\partial z}=\frac{d\log\omega}{dt}.\end{aligned}\right.$$

Nous introduisons, pour simplifier, les notations suivantes :

$$\mathcal{G}_1=X-\frac{du}{dt},\qquad \mathcal{G}_2=Y-\frac{dv}{dt},\qquad \mathcal{G}_3=Z-\frac{dw}{dt}$$

et

$$\begin{aligned}
H_1 &= \frac{d\xi}{dt} + \theta\xi - \left(\xi\frac{\partial u}{\partial x} + \eta\frac{\partial u}{\partial y} + \zeta\frac{\partial u}{\partial z}\right) - \frac{1}{2}\left(\frac{\partial Z}{\partial y} - \frac{\partial Y}{\partial z}\right),\\
H_2 &= \frac{d\eta}{dt} + \theta\eta - \left(\xi\frac{\partial v}{\partial x} + \eta\frac{\partial v}{\partial y} + \zeta\frac{\partial v}{\partial z}\right) - \frac{1}{2}\left(\frac{\partial X}{\partial z} - \frac{\partial Z}{\partial x}\right),\\
H_3 &= \frac{d\zeta}{dt} + \theta\zeta - \left(\xi\frac{\partial w}{\partial x} + \eta\frac{\partial w}{\partial y} + \zeta\frac{\partial w}{\partial z}\right) - \frac{1}{2}\left(\frac{\partial Y}{\partial x} - \frac{\partial X}{\partial y}\right);
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\alpha_1 &= \frac{\frac{\theta}{2}\mathcal{G}_1 + H_2 w - H_3 v}{\mathcal{G}_1 u + \mathcal{G}_2 v + \mathcal{G}_3 w}, & \beta_1 &= -\frac{\mathcal{G}_1}{\mathcal{G}_1 u + \mathcal{G}_2 v + \mathcal{G}_3 w},\\
\alpha_2 &= \frac{\frac{\theta}{2}\mathcal{G}_2 + H_3 u - H_1 w}{\mathcal{G}_1 u + \mathcal{G}_2 v + \mathcal{G}_3 w}, & \beta_2 &= -\frac{\mathcal{G}_2}{\mathcal{G}_1 u + \mathcal{G}_2 v + \mathcal{G}_3 w},\\
\alpha_3 &= \frac{\frac{\theta}{2}\mathcal{G}_3 + H_1 v - H_2 u}{\mathcal{G}_1 u + \mathcal{G}_2 v - \mathcal{G}_3 w}; & \beta_3 &= -\frac{\mathcal{G}_3}{\mathcal{G}_1 u + \mathcal{G}_2 v + \mathcal{G}_3 w};
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\gamma_1 &= \frac{\partial\alpha_2}{\partial z} - \frac{\partial\alpha_3}{\partial y} + \beta_2\frac{\partial\alpha_3}{\partial t} - \beta_3\frac{\partial\alpha_2}{\partial t}, & \delta_1 &= \frac{\partial\beta_2}{\partial z} - \frac{\partial\beta_3}{\partial y} + \beta_2\frac{\partial\beta_3}{\partial t} - \beta_3\frac{\partial\beta_2}{\partial t},\\
\gamma_2 &= \frac{\partial\alpha_3}{\partial x} - \frac{\partial\alpha_1}{\partial z} + \beta_3\frac{\partial\alpha_1}{\partial t} - \beta_1\frac{\partial\alpha_3}{\partial t}, & \delta_2 &= \frac{\partial\beta_3}{\partial x} - \frac{\partial\beta_1}{\partial z} + \beta_3\frac{\partial\beta_1}{\partial t} - \beta_1\frac{\partial\beta_3}{\partial t},\\
\gamma_3 &= \frac{\partial\alpha_1}{\partial y} - \frac{\partial\alpha_2}{\partial x} + \beta_1\frac{\partial\alpha_2}{\partial t} - \beta_2\frac{\partial\alpha_1}{\partial t}; & \delta_3 &= \frac{\partial\beta_1}{\partial y} - \frac{\partial\beta_2}{\partial x} + \beta_1\frac{\partial\beta_2}{\partial t} - \beta_2\frac{\partial\beta_1}{\partial t};
\end{aligned}$$

$$\lambda = -\frac{\gamma_1 + \gamma_2 + \gamma_3}{\delta_1 + \delta_2 + \delta_3}, \qquad \omega_i = \frac{\alpha_i\delta_i - \beta_i\gamma_i}{\delta_i} \qquad (i = 1, 2, 3).$$

Dans ces formules

$$\xi = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial w}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial z}\right), \qquad \eta = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial u}{\partial z} - \frac{\partial w}{\partial x}\right), \qquad \zeta = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y}\right)$$

sont les composantes du tourbillon.

En employant ces notations, on obtient les conditions suivantes de la possibilité de notre problème :

$$(2)\quad \left\{\begin{aligned}
&\mathcal{G}_1 H_1 + \mathcal{G}_2 H_2 + \mathcal{G}_3 H_3 = 0,\\
&\frac{\gamma_1}{\delta_1} = \frac{\gamma_2}{\delta_2} = \frac{\gamma_3}{\delta_3},\\
&\frac{\partial\omega_1}{\partial y} = \frac{\partial\omega_2}{\partial x}, \qquad \frac{\partial\omega_1}{\partial z} = \frac{\partial\omega_3}{\partial x}, \qquad \frac{\partial\omega_2}{\partial z} = \frac{\partial\omega_3}{\partial y},\\
&\frac{\partial\lambda}{\partial x} = \frac{\partial\omega_1}{\partial t}, \qquad \frac{\partial\lambda}{\partial y} = \frac{\partial\omega_2}{\partial t}, \qquad \frac{\partial\lambda}{\partial z} = \frac{\partial\omega_3}{\partial t}.
\end{aligned}\right.$$

Ces conditions (2) étant satisfaites, $\omega$ et $p$ s'expriment par les quadra-

tures

$$(3)\quad \begin{cases} \omega = e^{2\int \omega_1\,dx + \omega_2\,dy + \omega_3\,dz + \lambda\,dt}, \\ p = \int \dfrac{\mathcal{G}_1\,dx + \mathcal{G}_2\,dy + \mathcal{G}_3\,dz}{\omega}. \end{cases}$$

Les formules (2) sont exactes dans le cas général où tous les dénominateurs contenus dans ces expressions sont différents de zéro. Dans les cas contraires on arrive à certaines autres conditions, analogues aux conditions (2), avec cette différence qu'on ne peut plus obtenir $\omega$ par de simples quadratures; le calcul de $\omega$ exige alors l'intégration de certaines équations linéaires aux dérivées partielles de premier ordre.

Les notations et les conditions introduites prennent une forme très simple quand on les exprime sous forme vectorielle. Par exemple l'une des conséquences des conditions (2) peut être résumée comme il suit : *Le vecteur $\mathcal{G}$ (aux composantes $\mathcal{G}_1$, $\mathcal{G}_2$, $\mathcal{G}_3$) est orthogonal à son tourbillon.*

Les conditions de Helmholtz représentent les cas particuliers où le tourbillon du vecteur $\mathcal{G}$ est égal à zéro.

3. Indiquons quelques applications des conditions (2). Examinons le mouvement particulier d'un liquide assujetti à la pesanteur et supposons que les vitesses de tous ses points soient parallèles à une direction fixe horizontale et ne dépendent à chaque instant donné que de la hauteur au-dessus du sol. Les vitesses seront donc des fonctions de $t$ et de $z$, où l'axe des $z$ est dirigé en sens contraire de la pesanteur. Les deux cas principaux de ce problème sont les suivants :

I. $v$ satisfait à l'équation

$$g\frac{\partial^2 v}{dt^2} + \frac{g}{2c}\left(\frac{\partial^2 v}{\partial z\,\partial t}\,\frac{\partial^2 v}{\partial t^2} - \frac{\partial v}{\partial t}\,\frac{\partial^3 v}{\partial z\,\partial t^2}\right) = \frac{\partial v}{\partial z}\left(\frac{\partial v}{\partial t}\right)^2,$$

où $c$ est une constante et $g$ l'accélération due à la pesanteur.

$$\omega_1 = 0, \qquad \omega_2 = \frac{c}{g}, \qquad \omega_3 = \frac{c + \dfrac{1}{2}\dfrac{\partial^2 v}{\partial z\,\partial t}}{\dfrac{\partial v}{\partial t}}, \qquad \lambda = -\frac{c}{g}v;$$

$p$ et $\omega$ sont définis par les équations (3).

Un des cas particuliers de ce mouvement peut être appliqué à la dynamique de l'atmosphère et s'exprime par les formules suivantes :

$$v = -\frac{g}{c}F(t+z)$$

et

$$\omega = e^{\frac{2c}{g}y + 2\int_0^{t+z} F(m)\,dm},$$

$$p = -\frac{g^2}{2c^2}\frac{F'(t+z)}{\omega},$$

où F s'exprime à l'aide de fonctions cylindriques à indice fractionnaire; F est l'intégrale de l'équation

$$F'' = 2FF' + \frac{2c^2}{g}.$$

II. $$v = \sqrt{c_1 z + c_2}\,f(t) + c,$$

$$\omega = \sqrt{c_1 z + c_2}\,\Phi\left[k\left(y - \sqrt{c_1 z + c_2}\int_0^t f\,dt - ct\right) + \frac{2}{c_1}\sqrt{c_1 z + c_2}\right];$$

$c_1$, $c_2$, $c$ sont ici des constantes arbitraires parmi lesquelles $c_1$ est différent de zéro, $\Phi$ est une fonction arbitraire, $f(t)$ se définit par la relation

$$\mathfrak{S}\left(\sqrt{\frac{c_1}{4g}}f\right) = c_3 t + c_4, \qquad \mathfrak{S}(x) = \int_0^x e^{-x^2}\,dx,$$

$c_3$, $c_4$ sont des constantes arbitraires et la constante $k$ est définie par l'équation $k = \frac{f'(0)}{g}$. Dans les autres cas où $v$ ne dépend que de l'une des variables $t$ ou $z$, ou bien est égal à

$$c_1 z - \frac{g}{c_1}\log(c_2 t + c_3)$$

($c_1$, $c_2$, $c_3$ sont des constantes arbitraires, $c_1$ non $= 0$), le problème posé peut être résolu de manière tout aussi simple.

## CORRESPONDANCE.

M. JOSEPH LAÏS adresse des remercîments pour la subvention qui lui a été accordée sur le *Fonds Bonaparte*.

MÉCANIQUE. — *Sur la détermination de l'équivalent mécanique de la chaleur par le procédé de Hirn.* Note (¹) de M. L. HARTMANN.

La détermination de l'équivalent mécanique de la chaleur au moyen de l'écrasement d'une masse de plomb comprise entre deux blocs formant

---

(¹) Séance du 21 août 1916.

pendules et servant, l'un de marteau, l'autre d'enclume, est fondée sur l'hypothèse que, si le choc était purement élastique, la somme des forces vives des deux blocs, après leur rencontre, serait égale à la force vive initiale du bloc-marteau.

Cette hypothèse découle de la théorie actuelle du choc, qui, dans le cas de deux masses $m$ et $m'$, dont l'une a la vitesse $v$ et dont l'autre est en repos, conduit, pour les vitesses $\varphi$ et $\varphi'$ après le choc, aux expressions

$$\varphi = (1 - \mathrm{N})v \quad \text{et} \quad \varphi' = \mathrm{N}\frac{m}{m'}v,$$

N étant égal à $\frac{2m'}{m+m'}$ et représentant, quel que soit $v$, la valeur commune des deux rapports égaux $\frac{v-\varphi}{v}$ et $\frac{m'\varphi'}{mv}$, et qui aboutit, par suite, à l'égalité

$$mv^2 = m\varphi^2 + m'\varphi'^2,$$

c'est-à-dire à la conservation de la force vive.

Le choc élastique de cylindres en acier trempé, de $12^{mm}$ de diamètre, terminés par des bouts sphériques ayant pour rayon la longueur des règles, et suspendus de la même manière que les blocs de l'expérience de Hirn, donne des résultats qui sont en désaccord avec ces formules théoriques.

Les vitesses constatées après le choc étant $\psi$ et $\psi'$, il y a bien égalité, comme l'admet la théorie, entre les rapports $\frac{v-\psi}{v}$ et $\frac{m'\psi'}{mv}$; mais ces rapports, au lieu d'être égaux à N, ont pour valeur un nombre $n$, différent de N.

Par exemple, quand le cylindre-marteau et le cylindre-enclume ont respectivement $100^{mm}$ et $300^{mm}$ de longueur — le rapport des masses se trouvant ainsi sensiblement le même que dans la détermination de Hirn — et quand le choc a lieu avec les vitesses de 25, 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350 millimètres par seconde, on obtient, pour $n$, au lieu du nombre constant 1,5, valeur de N pour $m=1$, $m'=3$, les nombres moyens

1,498, 1,487, 1,471, 1,456, 1,439, 1,415, 1,390, 1,379.

On voit ainsi que le nombre $n$ est inférieur à N, pour toutes les vitesses au choc, qu'il en est d'autant plus voisin que la vitesse est plus petite et qu'il décroît, d'une manière continue et régulière, à mesure que la vitesse augmente.

Ce nombre apparaît, pour chaque vitesse au choc, comme une constante physique, parfaitement définie par les autres conditions de l'expérience.

On est amené, dès lors, à représenter les vitesses effectives des cylindres

après le choc par les expressions

$$\psi = (1 - n) v \quad \text{et} \quad \psi' = n \frac{m}{m'} v,$$

qui ne diffèrent des expressions théoriques que par la substitution de $n$ à N.

Il en résulte que l'on a, pour la somme des forces vives au même moment,

$$m\psi^2 + m'\psi'^2 = mv^2\left[1 - \frac{2n}{N}(N - n)\right];$$

dans l'exemple mentionné plus haut, et pour les vitesses de choc indiquées, le rapport $\frac{m\psi^2 + m'\psi'^2}{mv^2}$, au lieu d'être constamment égal à 1, a pour valeurs

0,996, 0,974, 0,943, 0,915, 0,883, 0,840, 0,796, 0,778.

Par suite, en raison de ce seul fait, que, dans le choc réel, les rapports $\frac{v - \psi}{v}$ et $\frac{m'\psi'}{mv}$ ont une valeur inférieure à leur valeur théorique, la force vive après le choc est *systématiquement* moindre que la force vive initiale, avec décroissance continue et régulière du rapport $\frac{m\psi^2 + m'\psi'^2}{mv^2}$, et, rigoureusement, ces deux forces vives ne sont égales que pour $v = 0$.

L'hypothèse qui sert de base à la détermination de Hirn n'est donc pas confirmée par l'expérience, et l'on n'est pas en droit de considérer comme équivalentes, dans cette détermination, la différence des forces vives évaluées avant et après le choc, et la quantité de chaleur dégagée par l'écrasement du plomb.

Je ferai remarquer, d'ailleurs, qu'il y aurait intérêt à dépasser les vitesses relativement faibles dans il est question dans cette Note, et à poursuivre les expériences jusqu'au choc à partir duquel les cylindres subissent une déformation permanente, en faisant varier, en même temps, leur matière constitutive, la forme et la préparation de leurs surfaces terminales.

J'ajoute que la non-conservation systématique de la force vive dans le choc élastique des corps entraîne d'autres conséquences importantes que je me propose de signaler prochainement.

HYDRAULIQUE. — *Amplitude des harmoniques impairs dans les coups de bélier.* Note (¹) de M. **Charles Camichel**, présentée par M. Boussinesq.

On doit à MM. de Sparre et Allievi de remarquables travaux sur les phénomènes de résonance. M. de Sparre considère des intervalles de temps

(¹) Séance du 31 juillet 1916.

égaux à $\frac{2l}{a}$, en supposant le distributeur fermé pendant la première période, complètement ouvert pendant la deuxième, fermé pendant la troisième, etc. Il démontre que le coup de bélier devient, par suite des résonances, toujours au moins égal à la hauteur de chute, à condition que l'on ait

$$y_0 > \frac{av_0}{g}.$$

1° J'ai vérifié expérimentalement ce résultat et, en même temps, donné non seulement la valeur maximum, mais encore la valeur minimum de la pression, et envisagé le cas des harmoniques impairs.

Soit $y_k$ la pression pendant la $k^{\text{ième}}$ période. J'admets que le régime permanent de résonance est établi, ce que je traduis par les hypothèses

$$y_{2n+1} = \text{const.} = \alpha, \qquad y_{2n} = \text{const.} = \beta.$$

En écrivant que le distributeur est fermé aux époques impaires et complètement ouvert aux époques paires, il vient :

$$y_0 + F_{2n+1} - F_{2n} = y_0 + F_{2n-1} - F_{2n-2} = \alpha,$$

$$v_0 - \frac{g}{a}(F_{2n+1} + F_{2n}) = v_0 - \frac{g}{a}(F_{2n-1} + F_{2n-2}) = 0,$$

$$v_0 - \frac{g}{a}(F_{2n} + F_{2n-1}) = v_0\sqrt{1 + \frac{F_{2n} - F_{2n-1}}{y_0}},$$

d'où

$$F_{2n} = \frac{av_0}{2g} - \frac{y_0}{2}, \qquad F_{2n+1} = \frac{av_0}{2g} + \frac{y_0}{2}$$

et

$$y_{2n+1} = 2y_0, \qquad y_{2n} = 0.$$

Donc, pourvu que l'on ait

$$y_0 > \frac{av_0}{g},$$

la résonance du fondamental a pour effet de faire varier la charge à l'extrémité aval de la conduite de 0 à $2y_0$.

La même propriété s'applique aux harmoniques impairs.

L'expérience a été faite au moyen du robinet tournant sur une conduite de fer de 186$^{m}$,80 de longueur, 80$^{mm}$ de diamètre et 5$^{mm}$ d'épaisseur; elle a pleinement vérifié les conclusions précédentes.

---

[1] *Sur les coups de bélier; examen de l'état d'une conduite* (*Comptes rendus*, t. 163, 1916, p. 150).

2° *Au moment de la résonance d'un harmonique impair, le débit passe par un minimum.*

3° La répartition des pressions au moment de la résonance est facile à prévoir. Par exemple, quand l'harmonique 3 résonne, la surpression est égale à $y_0$ au premier tiers amont et à 0 au deuxième tiers aval. On peut expliquer ainsi certaines ruptures de conduites.

4° On produit dans une conduite des *battements* quand l'ouverture rythmique du distributeur est voisine de celle d'un harmonique impair.

5° On obtient dans une conduite des *ondes entretenues* en munissant celle-ci d'un clapet analogue à celui qui est employé dans les béliers hydrauliques ordinaires, avec cette différence essentielle que ce clapet fonctionne sur la conduite entièrement purgée d'air. Ce clapet permet de vérifier avec la plus grande facilité que la propriété du doublement de la pression est exacte quelle que soit l'ouverture du distributeur, pourvu que la condition $y_0 > \frac{av_0}{g}$ soit réalisée.

La période du clapet est $\frac{4l}{a}$; dès qu'il y a de l'air dans la conduite, la période du clapet augmente. Le clapet est employé pour vérifier que la conduite est complètement purgée.

6° Le clapet automatique peut commander un moteur constitué par un simple piston plein actionnant une manivelle.

Ce moteur tourne exactement *au synchronisme* avec le clapet; sa vitesse est indépendante de la charge; quand celle-ci est trop grande, le moteur se décroche.

Je n'ai pas pu faire des mesures de rendement sur le moteur que j'ai réalisé; mais la propriété du minimum de débit, que j'ai indiquée plus haut, permet d'espérer que ce rendement sera satisfaisant.

On trouvera dans un travail qui sera prochainement publié par la *Lumière électrique* le détail des recherches qui viennent d'être résumées.

HYGIÈNE. — *Un réactif du chlore libre dans les eaux d'alimentation urbaines.* Note (¹) de M. **G.-A. Le Roy**, présentée par M. Charles Moureu.

J'ai l'honneur de soumettre à l'Académie, comme suite à ma précédente Communication (²), un nouveau réactif pour la recherche et le dosage du

(¹) Séance du 21 août 1916.

(²) Cf. *Comptes rendus*, t. 162, 1916, p. 327.

chlore libre dans les eaux d'alimentation urbaines purifiées par les hypochlorites, et dont la surveillance, à l'heure actuelle, est pratiquée au moyen du réactif classique iodure-empois d'amidon.

Le nouveau réactif, pour les traces de chlore libre dans les eaux douces, est d'une sensibilité plus grande que l'iodure amidonné, et il est basé sur l'emploi de certains dérivés du triparaminotriphénylméthane et, pratiquement, du chlorhydrate d'hexaméthyltriparaminotriphénylméthane. Ce sel, en dissolution aqueuse, étant ajouté, à la dose de quelques millièmes, dans une eau susceptible de renfermer des traces de chlore actif, engendre, le cas échéant, une coloration violette *immédiate*, dont l'intensité varie selon la teneur en chlore libre. Cette coloration est manifeste dès que l'eau contient environ 3 cent-millionièmes de chlore. Par comparaison, et dans les mêmes conditions, les auteurs admettent qu'avec l'iodure amidonné la réaction ne se manifeste qu'à partir de 1 dix-millionième.

Ce réactif agit immédiatement ou en quelques minutes; il est inactif sur l'eau pure aérée ou non, sur les eaux douces non hypochloritées, sur l'eau de Seine; c'est à peine si, au bout d'une dizaine d'heures de contact, sous l'action de l'air ambiant, on peut avec les eaux non chlorées observer une coloration, qui, dans ces conditions longuement différées, ne saurait donner matière à une fausse interprétation.

Le réactif est préparé de la manière suivante : dissoudre, par digestion à froid, 1 partie d'hexaméthyltriaminotriphénylméthane, à l'état cristallisé ou amorphe, dans 10 parties environ d'acide chlorhydrique étendu de son volume d'eau; après dissolution ajouter une quantité d'eau distillée suffisante pour compléter 100 parties. Le réactif, en flacons bouchés, peut se conserver longuement sans altération. On peut, dans la préparation, substituer l'acide formique à l'acide chlorhydrique.

Dans un but de contrôle, je me suis servi conjointement et successivement d'hexaméthyltriaminotriphénylméthane préparé, soit par l'orthoformiate d'éthyle, soit par le tétraméthyldiaminobenzhydrol, soit par réduction du « violet cristallisé » du commerce (au moyen du zinc en milieu chlorhydrique). La base obtenue par ces différents modes de préparation a été ensuite purifiée par cristallisations fractionnées dans la ligroïne, le benzène et l'alcool.

Pour l'emploi du réactif, il suffit d'en ajouter quelques millièmes dans l'eau à examiner. L'addition conjointe de quelques millièmes de chlorure de sodium intensifie la coloration. Avec certaines eaux l'addition du réactif produit, en plus, une opalescence; celle-ci est détruite facilement en

acidifiant avec de l'acide formique ou acétique; il est d'ailleurs préférable de toujours pratiquer cette acidification.

Au début de mes recherches, j'avais employé comme réactif le chlorhydrate de paradiaminodiphényle (benzidine) ou encore de tétraméthyldiaminodiphénylméthane en solutions aqueuses. Ces réactifs donnent également, en présence de traces de chlore libre dans les eaux, des colorations jaune paille ou verdâtre, et leur sensibilité, comme celle du réactif hexa, est très supérieure à celle de l'iodure amidonné ou du réactif aniline phéniquée et alcalinisée, mais ces colorations sont fugaces et délicates à apprécier aussi nettement que la coloration violette, surtout contrôlée par examen sous un écran jaune approprié.

Je signale enfin que le réactif hexaméthyltriparaminotriphénylméthane est bien moins sensible que l'iodure amidonné à l'action parasitaire des nitrites qui peuvent être présents dans l'eau examinée, et, en outre, il n'est pas influencé par les traces de peroxyde d'hydrogène (eau oxygénée).

La séance est levée à 15 heures et demie.

A. Lx.

---

## *ERRATA.*

(Séance du 21 août 1916.)

Note de M. *A. Lacroix,* Sur quelques roches volcaniques mélanocrates des Possessions françaises de l'océan Indien et du Pacifique :

Page 178, lignes 18-19, *au lieu de* les hololeucocrates moins de 87,5, *lire* les holomélanocrates plus de 87,5.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 4 SEPTEMBRE 1916.

PRÉSIDENCE DE M. CAMILLE JORDAN.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
### DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ASTRONOMIE. — *La conférence des longitudes de* 1634.
Note (¹) de M. G. BIGOURDAN.

La solution pratique du problème des longitudes se trouvait plus que jamais nécessaire, et l'activité des chercheurs était excitée par les importantes récompenses promises de divers côtés.

J.-B. Morin, qui croyait avoir résolu ce problème et aspirait au prix, fit connaître sa méthode et demanda des juges. Nous ne connaissons pas son exposé sous sa forme primitive : c'était sans doute un Mémoire manuscrit, celui dont il parlait à Gassendi en ces termes, le 4 juin 1633, dans une lettre dont la copie se trouve dans le manuscrit 1810 de Carpentras, f[os] 78-79.

> L'escript que je vous ai envoyé n'a pas été faict pour afficher, et il n'y a que les deux frères Cardinaulx (²) et vous qui en ayent eu : mon Invention m'a pensé perdre et faire sortir de France, mais tout est raccomodé, et Monseigneur l'E. Cardinal qui la désire me dit dernièrem[t] à l'Abbaye de Royaulmont qu'il me donneroit des Comissaires pour cette affaire.

La discussion de la proposition de Morin ne nous est guère connue que par ce qu'il en dit lui-même, dans la publication sur les longitudes qu'il commença un peu après (³). Mais d'après la *Gazette* (de France) la méthode avait été exposée dans l'une des conférences du Bureau d'Adresse.

---

(¹) Séance du 21 août 1916.

(²) Le cardinal de Richelieu, ministre de Louis XIII, et son frère, le cardinal de Lyon, protecteur de Gassendi.

(³) *Longitudinum terrestrium nec cœlestium, nova et hactenus optata Scientia.* Parties I-V (p. 1-162) publiées en 1634. Les parties VI (p. 163-238), VII (p. 239-282), VIII-IX (p. 283-360) parurent respectivement en 1636, 1638 et 1639.

En 1640 Morin paraît avoir publié l'ensemble avec un nouveau titre : *Astronomia jam at fundamentis integre et exacte restituta....*

La méthode de Morin est essentiellement celle des *distances lunaires*, antérieurement proposée plusieurs fois déjà.

Ce ne fut qu'après de longues sollicitations que Morin obtint de Richelieu la nomination d'une commission chargée d'examiner son invention (6 février 1634). Cette commission comprenait d'abord les membres suivants : abbé de Chambon, président Pascal, Mydorge, Boulenger et Hérigone; en outre le cardinal adjoignait à ces membres, pour lui faire un rapport spécial, deux navigateurs, de Mantyz et de Beaulieu. Mais de Mantyz et l'abbé de Chambon s'étant trouvés absents, une seconde ordonnance adjoignit aux autres membres le mathématicien Beaugrand et les capitaines de vaisseau de Cam, Treillebois et Letier; en outre le commandeur de La Porte ([1]) était chargé de présider à la place du cardinal.

Malgré les intrigues que Morin prête à un certain Hume, astronome écossais alors à Paris, la discussion publique, fixée au 30 mars 1634, eut lieu dans la grande salle de l'Arsenal, munie de globes, livres, cartes, etc. et dura 5 heures; l'assistance fut nombreuse, choisie, et Morin énumère avec quelque complaisance les principaux des personnages qui la composaient. Le secrétaire fut Raphaël Talour, qui remplissait le même rôle auprès du commandeur de La Porte.

La méthode de Morin, comme toutes celles basées sur le mouvement de la Lune, suppose de bonnes Tables de cet astre, outre un instrument propre à mesurer exactement les hauteurs et les distances apparentes. Or, il n'apportait ni l'un ni l'autre.

Cependant, pour ce qui regarde les Tables, Morin propose de fonder à Paris un Observatoire où l'on suivrait assidûment les astres pendant une longue suite d'années; quant aux instruments, il préconise l'emploi d'un quart de cercle muni d'un vernier, avec une lunette à la place des pinnules. Il perfectionne d'ailleurs les pinnules ordinaires, mais ne propose rien pour rendre l'instrument utilisable à la mer.

Les auditeurs, dit Morin, lui furent nettement favorables; en outre la *Gazette* donna un compte rendu élogieux ([2]).

Les commissaires ne paraissent pas avoir eu les mêmes sentiments; mais,

---

([1]) Le commandeur *de La Porte*, proche parent de Richelieu, était son lieutenant général pour le Commerce et la Navigation. Il était, en outre, grand-prieur de Champagne et ambassadeur de l'Ordre de Malte en France.

([2]) Extrait de la *Gazette* du 1er avril 1634 (n° 30), p. 128 :

« Le 30 furent assemblez dans l'Arsenal, en présence du grand prieur de Champagne, les sieurs Paschal, Midorge, Boulãger et Erigone, fort versez ez Mathématiques, et les sieurs de Beaulieu, de Cam, et Treille-bois, capitaines de Marine, Commissaires

gênés sans doute par ces avis publics, ils rédigèrent des conclusions un peu hâtives dont nous n'avons pas le texte officiel, et qui n'étaient pas défavorables à Morin. Celui-ci obtint une audience du cardinal qui le chargea de réformer les Tables lunaires et de faire construire l'instrument qu'il proposait.

Morin, peu familier avec les observations, s'excusa sur la fatigue de sa vue, et aurait voulu proposer Gassendi; comme celui-ci était absent, il parla de Mydorge, mais cet arrangement n'eut pas de suite, pas plus que le projet de construction de l'instrument. Cependant le cardinal fit remettre une gratification à Morin, ce qui, dit-il, excita la jalousie de ses rivaux.

C'est dans ces conditions que, le 10 avril, eut lieu une nouvelle séance, moins solennelle sans doute; même on n'y avait pas convoqué Morin, qui ne s'y trouva que par hasard.

Les commissaires devaient répondre aux quatre questions suivantes du cardinal :

1. *La Science des Longitudes avait-elle été démontrée par quelqu'un avant la démonstration donnée par M. Morin ?*
2. *La démonstration de M. Morin est-elle bonne ?*
3. *La méthode est-elle praticable sur mer ?*
4. *Les Tables astronomiques peuvent-elles, par cette science, être en peu de temps rendues beaucoup plus exactes que par tous les moyens précédemment employés ?*

Voici les réponses :

Nous, commissaires, pensons, sur le premier article, que la Science des Longitudes, par les mouvemens de la Lune, a été trouvée par plusieurs astronomes, tels que Gemma Frisius, Apian, Vernier, Nonius, Métius et autres.

Quant au moyen particulier qu'emploie M. Morin, il a été indiqué par Gemma Frisius, aux Chapitres XVII et XVIII de l'usage des globes, et cependant Gemma n'a jamais passé pour avoir résolu le problème, à cause des difficultés qui n'ont été levées ni par Gemma, ni par Morin, ni par aucun autre.

Au second article, nous disons qu'absolument parlant, la Science des Longitudes n'est pas démontrée; que les triangles de M. Morin sont bien calculés, et que cependant il ne résulte rien de cette solution, quoique bonne en elle-même, parce qu'elle se fonde sur des Tables et des observations qui n'ont pas l'exactitude nécessaire.

Au troisième article, nous disons que bien loin que les pratiques puissent être de la

---

députez par le Cardinal Duc, Grand Maistre et Sur-Intendant du commerce, avec plusieurs autres personnes de marque : sur la proposition faite par le Sieur Morin, Professeur du Roy ez Mathématiques, touchant le secret des longitudes, ci-devant par lui proposé en l'une des Conférences qui se font tous les Lundis au Bureau d'Adresse de cette ville, dont il fit la démonstration, au contentement de l'Assistance. »

moindre utilité à la navigation, elles sont au contraire très difficiles même sur terre, à cause de la multiplicité des observations nécessaires et du défaut de précision dans les Tables de la Lune, et enfin parce que l'erreur des observations et des Tables va toujours croissant dans la suite du calcul.

Au quatrième, nous disons que M. Morin commet *un cercle logique*, en voulant corriger les Tables par ces moyens mêmes qui supposent de bonnes Tables, et loin qu'il puisse ainsi rendre les Tables plus précises, nous pensons qu'on ne peut nullement les corriger par ces moyens.

Fait à l'Arsenal, le 10 avril 1634.

Signés : PASCAL, MYDORGE, BEAUGRAND, BOULENGER, HÉRIGONE, TALOUR, secrétaire du commandeur La Porte.

Les commissaires portèrent leur décision au cardinal avec un autre écrit, plus dur encore, qui contenait leurs motifs : « Le tout, dit Delambre (1), fut publié quelque temps après ».

Cette décision définitive, différente de la première, sinon opposée, a généralement été trouvée injuste, en ce qu'elle ne tenait aucun compte des bonnes idées proposées, telles que la fondation d'un observatoire, l'application du vernier et surtout d'une lunette à l'alidade, ce qui était nouveau, etc. Et cette opinion paraît être définitive, quoique généralement on oublie que nous jugeons à peu près uniquement sur ce que Morin a écrit lui-même et plus tard.

Dans la suite de son Ouvrage (Partie VI, 1636), Morin proposa d'observer les étoiles en plein jour; mais nous savons qu'il put être aidé par ce qu'il avait appris à Aix.

Cette sixième Partie renferme quelques autres idées remarquables : Morin conjecture, par exemple, que les différentes apparences de Saturne sont dues à un système de corps voisins les uns des autres et que leur éloignement de la Terre ne permet pas de distinguer séparément. Ailleurs, on trouve une idée de la méthode des hauteurs correspondantes d'une même étoile.

Dans la neuvième et dernière Partie, publiée avec la huitième en 1639, Morin revient sur certaines idées qu'il avait déjà exprimées, notamment sur la construction d'un observatoire en un lieu dégagé, loin des fumées;

(1) *Histoire de l'Astronomie moderne*, t. II, p. 253. Cette publication se trouve sans doute dans l'Ouvrage suivant, que mentionne la *Bibliographie* de Lalande (p. 204) et que nous n'avons pu trouver à la Bibliothèque nationale : *Avis au cardinal de Richelieu sur la proposition du* S. MORIN *pour les longitudes*. Paris, 1634, in-8°.

comme emplacement il propose le Mont Valérien : on y installerait, dit-il, un quart de cercle dans le méridien.

Les prétentions de Morin furent attaquées de divers côtés : par Longomontan, Frommius, à l'étranger; par Boulliau, le P. Duliris, récollet, en France. Morin répliqua et rendit avec usure les injures qu'il avait reçues, notamment de la part de Boulliau; quant au P. Duliris, il classait Morin parmi les astronomes *papyracés*, c'est-à-dire qui ne font d'astronomie que sur le papier; et il n'était pas le seul à lui reprocher de négliger l'observation.

M. DE SPARRE, en faisant hommage à l'Académie ([1]) de son *Rapport au deuxième Congrès de la Houille blanche*, adresse la lettre suivante :

Le deuxième Congrès de la Houille blanche devait se tenir à Lyon en septembre 1914. Bien que la guerre l'ait empêché de se réunir on a cru utile de publier les rapports préparés à son occasion et j'ai l'honneur de présenter à l'Académie celui dont j'avais été chargé.

Au programme du Congrès ce rapport devait traiter des expériences de Verenon, sur les coups de bélier avec réservoir d'air muni d'une tubulure d'étranglement, établi conformément aux indications données par moi dans un Mémoire publié en 1911-1912 dans le journal *La Houille blanche*.

Ces expériences ayant été par suite de diverses circonstances renvoyées à l'automne 1914 ([2]), j'ai dû dans le rapport, tout en indiquant les points sur lesquels elles devaient porter, traiter au lieu de cela diverses questions relatives à la théorie des coups de bélier que je vais indiquer sommairement.

J'ai d'abord donné ([3]) les formules relatives à une conduite formée de deux sections de diamètres différents pour lesquelles la durée de propagation est la même et j'en fait l'application à la conduite du lac de Fully qui réalise très sensiblement la condition indiquée et qui présente de plus cet intérêt qu'elle est la plus haute chute du monde. Elle a en effet une hauteur de $1650^{m}$.

Je montre que dans ce cas il se présente ce fait que j'avais déjà signalé

---

([1]) Séance du 28 août 1916.

([2]) Elles n'ont pu en définitive avoir lieu par suite de la guerre.

([3]) Dans le rapport je donne les formules sans démonstration, mais cette démonstration se trouve dans une Note à la suite du rapport.

dans une Communication du 19 mai 1913 (¹) pour une conduite formée de trois sections de diamètres différents, c'est-à-dire que bien que l'élargissement de la partie supérieure de la conduite diminue la force vive possédée par l'eau de cette conduite, le coup de bélier maximum dans le cas d'une fermeture brusque (²) peut être plus fort que si la conduite avait sur toute sa longueur le diamètre de la partie inférieure. De plus ce coup de bélier maximum, au lieu de se produire pendant la première période d'oscillation de l'eau, ainsi que cela a lieu pour une conduite de diamètre constant, se produit pendant la seconde période (³).

J'appelle ensuite l'attention sur deux circonstances où, par suite des phénomènes de résonances, le coup de bélier peut être très notablement augmenté. C'est d'abord à la suite d'un mouvement oscillatoire de la vanne dont la période serait égale à celle de l'oscillation de l'eau dans la conduite (⁴), et ensuite dans le cas d'une fermeture avec arrêts successifs. Je termine par quelques remarques au sujet du coup de bélier positif d'ouverture, dont j'avais déjà parlé dans un précédent Mémoire (⁵).

Ce rapport est suivi de deux Notes. Dans la première, je donne, comme je le dis plus haut, la démonstration des formules relatives au coup de bélier dans les conduites formées de deux sections pour lesquelles la durée de propagation est la même. La seconde Note est relative aux expériences faites en Suisse sur les coups de bélier.

Ces expériences avaient montré une coïncidence très satisfaisante entre les résultats déduits de la théorie de M. Allievi et ceux de l'expérience. Toutefois l'emploi des formules de M. Allievi conduit à des calculs assez pénibles. Je fais voir qu'on arrive, très simplement, à des résultats complètement équivalents par les formules que j'ai données dans le n° 1 du *Bulletin spécial de la Société hydrotechnique de France*. Je montre de plus que la valeur du coup de bélier peut être considérablement modifiée, si le mou-

---

(¹) *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 1521.

(²) Ou plus exactement dans un temps inférieur à celui d'une période d'oscillation simple de l'eau de la conduite.

(³) Dans une visite que j'ai eu occasion de faire récemment à Fully, j'ai constaté la vérification expérimentale de ce fait.

(⁴) J'avais déjà signalé ce fait dans un Mémoire publié en 1907 dans *La Houille blanche*, et M. Camichel, professeur à l'Université de Toulouse, me dit dans une lettre du 2 août avoir fait récemment à ce sujet des vérifications très satisfaisantes.

(⁵) *Bulletin spécial de la Société hydrotechnique de France*, n° 1, 1913.

vement de la vanne, que l'on considère, au lieu de se produire à partir de l'état de régime normal, se produit à la suite d'une période de régime troublé, ce que vérifie d'ailleurs l'expérience.

M. Paul Appell fait hommage à l'Académie d'un Mémoire intitulé : *Sur des lignes polygonales et sur des surfaces polyédrales généralisant les polygones de Poncelet.*

## CORRESPONDANCE.

OPTIQUE. — *Mesure directe de la vitesse axiale de l'eau dans l'expérience de Fizeau.* Note de M. P. Zeeman, transmise par M. G. Lippmann.

Dans une Note précédente (¹) j'ai donné les valeurs des coefficients d'entraînement pour différentes couleurs, obtenues dans une répétition de l'expérience de Fizeau, avec la disposition de Michelson pour obtenir les franges d'interférence.

Le but principal de mes expériences était de décider entre les expressions données par Fresnel et par Lorentz, pour le coefficient d'entraînement. On sait que l'expression de Lorentz se distingue par un terme complémentaire, relatif à la dispersion, de celle de Fresnel. Mes observations s'accordent parfaitement avec l'expression de Lorentz. Par exemple pour la longueur d'onde $\lambda = 4500$ U.Å, la différence des deux expressions est de 5 pour 100 de la valeur du coefficient, tandis que les valeurs observées des déplacements des franges d'interférence sont connues à moins de 1 pour 100.

Les valeurs calculées du déplacement des franges sont assujetties à une incertitude, parce qu'il faut connaître la longueur effective des tubes (environ $2 \times 3^{m}$) et la vitesse axiale de l'eau dans les tubes. L'incertitude dans la longueur effective est très petite, comme on peut le démontrer facilement. Quant à la vitesse axiale de l'eau, on doit avouer qu'il y a là un point faible dans mes expériences antérieures. Le procédé suivi était le suivant : par le débit mesuré on détermine $v_0$, la vitesse moyenne de l'eau, puis on

(¹) *Comptes rendus*, t. 161, 1915, p. 526.

calcule $v_{max}$, la vitesse axiale, par la relation $v_0 = 0,84\, v_{max}$. Or il doit régner une incertitude sur la valeur du coefficient 0,84, qui a été déterminé dans d'autres conditions.

J'ai donc indiqué une méthode optique, permettant de mesurer directement la vitesse dans l'axe du tube (*Proc. Amsterdam Academy*, t. 18, 1916, p. 1240) et rendant superflus la mesure du débit et l'emploi du coefficient numérique mentionné. De petites bulles d'air sont introduites dans le courant d'eau et illuminées par un faisceau très intense et très fin dans l'axe du tube. Par une fenêtre dans la paroi du tube on peut observer ces bulles, qui apparaissent en lignes brillantes sur un fond noir. En observant les trajets des bulles dans un miroir tournant, on peut déterminer directement la vitesse au moyen des constantes de l'appareil et de l'inclinaison moyenne des chemins apparents des bulles.

L'application de cette méthode a donné un résultat assez inattendu : la vitesse axiale varie d'une manière compliquée le long du tube, de sorte qu'on ne peut pas parler de *la vitesse* axiale. La variation extrême est de 10 pour 100 de la vitesse axiale. En renversant la direction du courant d'eau dans les tubes, la valeur de la vitesse ne reste pas la même dans un point déterminé du tube. Il était donc nécessaire de mesurer la vitesse dans un nombre assez grand de points de deux tubes.

Dans ce but, nous avons employé un tube de Pitot, étalonné au moyen de la méthode optique. Je me bornerai à esquisser rapidement le résultat obtenu.

La valeur moyenne de la vitesse axiale dans les deux séries d'expériences, avec courant direct et inverse, est de $550,8 \frac{\text{cm}}{\text{sec}}$. Ce nombre ne diffère que de 0,5 pour 100 de la valeur adoptée pour le calcul du déplacement théorique des franges dans ma Communication précédente. Il s'ensuit que mes conclusions antérieures sont confirmées, mais leur certitude a de beaucoup augmenté, parce qu'elles sont maintenant entièrement indépendantes de mesures de débit et aussi de la valeur numérique du rapport de la vitesse moyenne à la vitesse axiale.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation d'acidylsemicarbazides à partir de semicarbazones d'acides α-cétoniques.* Note [1] de M. J. BOUGAULT, présentée par M. Charles Moureu.

Comme je l'ai montré antérieurement [2] les semicarbazones de certains acides α-cétoniques sont déshydratées par les alcalis étendus et donnent des *as*-dioxytriazines substituées en (6). Ces mêmes semicarbazones, oxydées par l'iode et le carbonate de sodium, conduisent, par une réaction plus inattendue, aux semicarbazides d'acides contenant un carbone de moins que les acides générateurs. C'est ainsi que la semicarbazone de l'acide phénylpyruvique donne le semicarbazide de l'acide phénylacétique.

L'équation suivante exprime la réaction observée :

$$\underset{\displaystyle CO^2H}{C^6H^5.CH^2.\overset{}{C}} = N.NH.CO.NH^2 + O = CO^2 + C^6H^5.CH^2.CO.NH.NH.CO.NH^2.$$

Comme on le voit, l'oxydation porte sur le carbone en α, le carboxyle de l'acide cétonique s'élimine et la fonction semicarbazone se transforme en fonction acidylsemicarbazide sur le carbone même auquel elle était liée.

I. La réaction se fait avec la plus grande facilité et à froid. Il suffit de faire dissoudre la semicarbazone dans un peu d'eau contenant un excès de carbonate de sodium et d'ajouter de l'iode (I + KI) : le précipité d'acidylsemicarbazide est immédiat. Pour la purification on dissout dans l'eau acidulée par HCl, on filtre et l'on précipite par saturation au moyen de carbonate de sodium.

Quatre semicarbazones d'acides α-cétoniques ont été ainsi traitées et ont fourni des résultats du même ordre. Ce sont :

La semicarbazone de l'acide phénylpyruvique qui a donné le phénacétylsemicarbazide $C^6H^5.CH^2.CO.NH.NH.CO.NH^2$ (P. F. 156°); la semicarbazone de l'acide benzylpyruvique qui a donné le phénylpropionylsemicarbazide $C^6H^5.CH^2.CH^2.CO.NH.NH.CO.NH^2$ (P. F. 192°); la semicarbazone de l'acide phénylglyoxylique qui a donné le benzoylsemicarbazide $C^6H^5.CO.NH.NH.CO.NH^2$ (P. F. 240°); la semicarbazone de l'acide

---

(1) Séance du 21 août 1916.

(2) *Comptes rendus*, t. 159, 1914, p. 83 et 631. Voir, pour plus de détails, *Journ. de Pharm. et de Chim.*, 7e série, t. 11, 1915, p. 5, et *Annales de Chimie*, 1916.

triméthylpyruvique qui a donné le triméthylacétylsemicarbazide $(CH^3)^3.C.CO.NH.NH.CO.NH^2$ (P. F. 215°).

Dans les mêmes conditions la semicarbazone de l'acide pyruvique a donné de l'iodoforme, ce qui tient à la constitution spéciale de l'acide pyruvique.

II. Remarquons que les acidylsemicarbazides peuvent être représentés par deux schémas différents

$$\underbrace{R.C\begin{matrix}\diagup OH \\ \diagdown\!\!\diagdown N.NH.CO.NH^2\end{matrix}}_{(I)} \quad \text{et} \quad \underbrace{R.C\begin{matrix}\diagup\!\!\diagup O \\ \diagdown NH.NH.CO.NH^2\end{matrix}}_{(II)}$$

correspondant aux deux formes attribuées aux amides proprement dits

$$R.C\begin{matrix}\diagup OH \\ \diagdown\!\!\diagdown NH\end{matrix} \quad \text{et} \quad R.C\begin{matrix}\diagup\!\!\diagup O \\ \diagdown NH^2\end{matrix}.$$

Le premier schéma suppose aux composés qu'il représente des propriétés plus acides que le second; or, les acidylsemicarbazides que j'ai préparés sont alcalins, car ils se dissolvent dans les acides dilués et peuvent même donner des chlorhydrates isolables à l'état cristallisé; il semble donc que le schéma (II) doive être choisi pour leur représentation.

III. Le rendement dans la préparation de ces divers acidylsemicarbazides oscille entre 60 et 80 pour 100 du rendement théorique. La perte peut tenir, soit à ce que la réaction ne se fait pas intégralement dans le sens envisagé ici, soit, plus probablement, et peut-être exclusivement, à ce que les acidylsemicarbazides sont eux-mêmes attaqués par les réactifs qui leur donnent naissance (iode et carbonate de sodium).

En effet, si l'on s'arrange de manière à opérer en liqueur suffisamment diluée pour que l'acidylsemicarbazide reste dissous, on constate que la réaction ne s'arrête pas à ce terme, mais que l'acidylsemicarbazide est à son tour oxydé et transformé en acide libre avec dégagement d'azote : le phénacétylsemicarbazide donne ainsi l'acide phénylacétique.

La deuxième phase de la réaction est d'ailleurs beaucoup plus lente que la première, circonstance qui, ajoutée à l'insolubilité de l'acidylsemicarbazide, favorise l'obtention de ce dernier.

IV. Des quatre acidylsemicarbazides que j'ai préparés par la méthode ci-dessus un seul a été signalé; c'est le benzoylsemicarbazide, décrit par trois auteurs différents, qui l'ont obtenu chacun par un procédé spécial. Ces trois produits n'ont pas été comparés entre eux et il n'est pas certain qu'ils

soient identiques. Leurs points de fusion, assez voisins (220°-225°), sont inférieurs de 15° environ à celui trouvé par moi. Il y aura lieu de reprendre leur étude dans un but de comparaison et, si possible, d'identification.

MÉTÉOROLOGIE. — *Bolide avec traînée persistante.* Note [1] de M. **Luizet**, présentée par M. B. Baillaud.

Le 7 août, à $9^h 40^m 25^s \pm 5^s$ (t. m. G.), un bolide a traversé le ciel à peu près parallèlement à l'horizon N. Sa trajectoire peut être définie par le point $\alpha = 4^h$, $\delta = +73°,6$, et le point où il a éclaté, $\alpha = 5^h 30^m$, $\delta = +77°$. Malgré toute mon attention je n'ai pas entendu le bruit de l'éclatement.

Ce bolide a laissé une trace lumineuse qui a pris rapidement une forme sinueuse; elle s'est ensuite divisée en plusieurs fragments : les plus près du point d'éclatement ont bientôt cessé d'être visibles, tandis que les autres, tout en se déplaçant vers l'Est, se sont agglomérés et ont pris la forme d'une ampoule allongée dans le sens du déplacement. Arrivée au point $\alpha = 2^h 30^m$, $\delta = +77°$, cette plage lumineuse a paru s'immobiliser, sans doute à cause de l'extinction rapide des poussières lumineuses qui la composaient; et, à $9^h 44^m 30^s$, soit 4 minutes après l'éclatement du bolide, elle a cessé d'être visible.

Il serait intéressant d'avoir d'autres observations de ce météore pour pouvoir en déduire sa trajectoire absolue, ainsi que la direction du courant atmosphérique qui, en perspective, paraissait emporter les poussières lumineuses de l'Ouest à l'Est.

EMBRYOGÉNIE. — *Observations sur la larve de l'*Ostrea edulis *L.* Note de M. **J.-L. Dantan**, présentée par M. Ed. Perrier.

Les œufs de l'*Ostrea edulis* se développent, comme on sait, dans la cavité palléale de la mère, et cette espèce est, pour cette raison, souvent considérée comme vivipare, alors qu'elle est simplement *embryophore*.

La masse du naissain, d'abord blanchâtre, prend peu à peu une coloration grise, puis ardoisée, et enfin tout à fait noire au moment où les larves vont être mises en liberté : c'est à ce dernier stade que se rapportent les

[1] Séance du 28 août 1916.

observations qui vont suivre. Nous supposerons toujours l'animal orienté verticalement, le vélum en haut, la face buccale en avant.

La coquille est tapissée par une couche de cellules ectodermiques qui sont partout aplaties, sauf le long de son bord libre. Là le manteau est renflé et ses épaississements au niveau de la marge des deux valves sont reliés l'un à l'autre, à la partie supérieure, par une lame différenciée qui forme le vélum.

Celui-ci, dans une larve bien épanouie, a la forme d'un dôme surbaissé dont le sommet est occupé par la *plaque neurale*, puis vient une couche de cellules très aplaties et, à la base, un renflement circulaire et cilié. Ce dernier est constitué par une double couronne de grandes cellules portant de longs cils qui forment la *couronne ciliée préorale* et par de petites cellules, à noyaux allongés, portant des cils courts qui représentent la *zone ciliée adorale*. Celle-ci est reliée au bord épaissi du manteau par une lame très mince et assez longue qui facilite les mouvements d'extension et de rétraction de la larve.

Sur la face antérieure, les deux parties du manteau sont unies, entre elles, par une lame ectodermique qui présente deux replis longitudinaux. La bouche se trouve dans la région supérieure, l'anus vers son tiers inférieur. L'orifice buccal est ovale et a ses bords ciliés; mais, à sa base, il existe de grandes cellules portant de longs cils qui représentent la *couronne ciliée postorale*. Celle-ci se continue, comme dans la trochophore, par une zone *ciliée médioantérieure* (zone ciliée médioventrale des auteurs). Enfin la même disposition se retrouve à l'autre extrémité du tube digestif : cils petits autour de l'orifice anal, sauf sur son bord inférieur où ils sont plus longs et se continuent par une zone ciliée médiane inférieure.

Ainsi l'appareil ciliaire, malgré les modifications dues à la présence d'une coquille, est absolument comparable à celui de la trochophore.

Deux petites invaginations de l'ectoderme, que nous désignerons sous le nom de *glandes buccales*, se trouvent à l'entrée de l'œsophage qui est fortement pigmenté et cilié. Il conduit dans l'estomac divisé par un étranglement en deux parties : la supérieure ou *poche cardiaque* a ses cellules, excepté celles de la partie supérieure et postérieure qui portent de longs cils, tapissées par un revêtement corné; l'inférieure ou *poche pylorique* est au contraire toute entière ciliée. L'intestin, dont les cellules portent des cils très petits, décrit, à gauche de l'estomac, deux courbures puis se dirige vers la face antérieure.

Dans l'estomac viennent déboucher les deux vésicules hépatiques et la

digestion paraît être facilitée par le rôle mécanique que joue la poche cardiaque. Celle-ci semble, en effet, capable de broyer les petites diatomées, dont la larve se nourrit presque exclusivement, car on ne les trouve entières que dans l'estomac, dans l'intestin elles sont toujours à l'état de débris extrêmement fins. Le tube intestinal joue vraisemblablement un rôle important dans l'absorption et souvent des particules sont englobées par ses cellules.

Ce fait, que l'on trouve des micro-organismes dans l'appareil digestif des larves, montre que celles-ci s'épanouissent, nagent dans la cavité palléale de la mère et absorbent les particules alimentaires que cette dernière leur fournit par l'intermédiaire du courant d'eau qu'elle amène à ses branchies.

Le système nerveux comprend non seulement la plaque neurale, décrite par les auteurs, mais encore, reliées à celle-ci par des nerfs très fins, quatre *masses nerveuses* situées au-dessus des grandes cellules de la couronne ciliée préorale. Ces quatre amas correspondent à l'anneau nerveux préoral de la trochophore et rendent l'ensemble de l'appareil presque identique dans les larves des Vers et des Pélécypodes.

Dans le blastocœle se voient les téloblastes qui ont produit quatre bandes mésoblastiques, puis de petites cellules dont les unes sont appliquées contre le tube digestif ou contre l'ectoderme, mais sans former un revêtement continu. La cavité blastocœlique contient encore de grandes cellules, peu nombreuses, isolées et douées de mouvements amiboïdes dont les caractères différents incitent à penser qu'elles n'ont pas la même origine et dérivent de l'ectoderme.

L'appareil musculaire est beaucoup plus développé que ne l'indiquent les descriptions des naturalistes qui ont étudié l'embryogénie de l'huître. Il n'est pas possible, dans cette rapide esquisse, d'en donner la description, car il comprend : deux paires de muscles rétracteurs du vélum, l'une antérieure, l'autre postérieure; une paire de muscles longitudinaux obliques, une paire de muscles rétracteurs; du stomodeum, deux paires de muscles palléaux et un muscle adducteur des valves. Tous présentent cette particularité d'être constitués par des fibres dont *les fibrilles sont striées*, mais se contractent en prenant l'aspect vermiculaire que l'on croyait caractéristique des fibres lisses.

Ces muscles s'insèrent directement sur la coquille et leurs ramifications se terminent par des parties renflées, à cytoplasme clair, contenant souvent

un noyau, qui, parfois, s'encastrent entre les cellules des organes. Il y a lieu de remarquer également que certaines fibres vont se terminer directement dans les organes nerveux; plaque neurale et masses nerveuses préorales.

Le blastocœle contient encore, du côté antérieur, de chaque côté de la ligne médiane, et plus ou moins entourées par les lames mésoblastiques supérieures, une rangée un peu irrégulière de très grandes cellules à cytoplasme chargé de granulations jaunâtres et à noyaux volumineux peu apparents. Ces files de cellules, qui sont en relation avec les épaississements ectodermiques longitudinaux de la cavité palléale, à peu près au niveau de l'anus, doivent être considérées comme représentant les *reins céphaliques* qui n'ont encore été observés que dans deux larves de Pélécypodes, celles du *Teredo* et du *Cyclas cornea*.

Également sur la face antérieure et au-dessus de l'anus, se trouve, sur la ligne médiane, un amas de cellules, d'origine en partie ectodermique, en partie mésodermique, qu'il est difficile d'interpréter. Cette masse cellulaire représente-t-elle, comme Horst l'a admis, l'ébauche des ganglions pédieux, ou faut-il la considérer comme homologue de la vésicule anale de la trochophore? Sur ses côtés et un peu au-dessous se voient deux autres vésicules encore peu développées qui formeront très probablement les *otocystes*.

Il n'existe pas de branchies à ce stade et il ne me paraît pas possible de considérer comme un pied rudimentaire la saillie formée par la partie inférieure de la bouche.

Les observations précédentes montrent :

1° Que la partie supérieure de la larve de l'*Ostrea edulis* et l'extrémité céphalique de la trochophore ont une structure identique;

2° Que les appareils ciliaires des deux larves sont, de tous points, comparables;

3° Que leurs systèmes nerveux sont constitués des mêmes parties principales;

4° Qu'elles possèdent toutes les deux des reins céphaliques et peut-être d'autres organes larvaires transitoires, les vésicules anales.

Ainsi, par l'ensemble de ses caractères extérieurs aussi bien que par son anatomie, la larve de l'huître permet de raffermir les liens qui unissent les Vers et les Mollusques.

MÉDECINE. — *Sur les cent premiers cas de surdité traités par la méthode de Marage au Centre de rééducation auditive de la 8e région.* Note de M. **Ranjard**, présentée par M. Yves Delage.

Sans attendre le moment où il sera possible de considérer la statistique complète des cas de surdité traités dans mon service de l'hôpital militaire de Bourges, j'ai cru intéressant d'envisager dans leur ensemble les cent premiers malades, nombre suffisant déjà pour asseoir une opinion.

Ces sourds furent examinés au préalable au Service central d'oto-rhino-laryngologie. Un certain nombre d'entre eux avaient déjà été l'objet d'une proposition de réforme, et me fut adressé, par l'intermédiaire du Centre d'otologie, par la Commission médico-légale de la 8e région. Le diagnostic de l'origine organique de leur surdité était donc établi et contrôlé avant même que je ne les aie examinés; et j'insiste sur ce fait pour réfuter une fois de plus l'opinion qui veut expliquer l'action de la méthode de M. Marage par un phénomène psychique, et la limiter aux cas de surdité névropathique.

D'un autre côté, aucun malade ne fut traité avant que ne fussent prouvées la stabilité de son infirmité, l'incurabilité de celle-ci par les moyens classiques ou par son amélioration spontanée. Cette preuve était acquise aisément d'abord en laissant un délai suffisant entre la date de l'apparition de la surdité et celle du début du traitement, ensuite et en cas de doute, en n'appliquant la rééducation qu'après une série de mesures acoumétriques constantes à intervalles d'au moins une semaine. Au reste, il est à noter que, dans la grande majorité des cas, le début de la dysacousie remontait à plus de six mois, voire même à plus d'un an.

Sur les cent observations dont je m'occupe, la surdité fut 91 fois d'origine traumatique. L'otite moyenne cicatricielle était en cause 21 fois. La commotion labyrinthique, avec ou sans lésions névritiques, due le plus souvent à l'obusite, plus rarement à une lésion directe, fut observée 11 fois. La coexistence de l'otite moyenne et la commotion labyrinthique le fut dans 59 cas. Chez neuf sourds l'infirmité n'était pas blessure de guerre.

Le pronostic de la surdité par otite moyenne cicatricielle est toujours excellent, quels que soient son degré ou son ancienneté. Ce degré d'ailleurs n'est jamais proportionné à celui de la lésion causale, telle qu'elle apparaît à l'examen objectif.

Ayant soumis tous mes malades aux épreuves nystagmiques, j'ai acquis la conviction que ce moyen, très fidèle dans les cas récents de commotion labyrinthique, est d'une valeur diagnostique nulle dans les cas anciens lorsque son résultat est normal. Non seulement en effet les altérations peuvent n'être pas identiques dans le labyrinthe antérieur et dans le labyrinthe postérieur, mais leur évolution peut être différente ici et là. On peut donc constater la coexistence d'une surdité prononcée, par commotion labyrinthique, et de réflexes vestibulaires normaux. L'examen auditif de nombreux malades non sourds ou guéris spontanément de leur surdité, mais conservant des troubles de l'équilibration, m'a prouvé également la possibilité du contraire. De là résulte qu'il est illégitime de se baser sur le sens de ces épreuves nystagmiques, pour suspecter la bonne foi d'un malade se plaignant d'une surdité grave, d'origine labyrinthique, sans lésions de l'oreille moyenne ni troubles vestibulaires.

Voici maintenant la statistique des résultats enregistrés après traitement chez mes cent malades. Je l'ai établie d'après l'aptitude auditive de ceux-ci (conformément à l'instruction sur l'aptitude physique). J'ai fait abstraction de leur aptitude générale modifiée ou non par une impotence étrangère à leur surdité, ou surajoutée à celle-ci, pour l'exagérer en apparence (troubles névropathiques commotionnels). Ces résultats ont été :

| | |
|---|---|
| Positifs dans | 84 cas |
| Négatifs ou insuffisants dans | 16 cas [1] |

A. Au point de vue médical pur, et par divisions des sourds d'après la cause de leur infirmité, le classement des résultats devient :

1° Otites moyennes cicatricielles traumatiques :

| | |
|---|---|
| Cas traités | 21 |
| Résultats positifs | 21 |

2° Commotions labyrinthiques :

| | |
|---|---|
| Cas traités | 11 |
| Résultats positifs | 9 |
| Résultats négatifs | 2 |

3° Otites moyennes cicatricielles et commotions labyrinthiques simultanées :

[1] Cette Note a été lue et approuvée par le Directeur du Service de Santé de la 8e région.

| | |
|---|---|
| Cas traités | 59 |
| Résultats positifs | 46 |
| Résultats négatifs | 13 |

4° Surdités organiques non traumatiques :

| | |
|---|---|
| Cas traités | 9 |
| Résultats positifs | 8 |
| Résultat négatif | 1 |

B. Au point de vue militaire et en ne considérant que l'aptitude auditive des hommes avant et après traitement, le classement des 84 résultats positifs se fait ainsi :

| | |
|---|---|
| Aptes, après traitement, au service armé | 52 |
| Aptes, après traitement, au service auxiliaire | 29 |
| Hommes à réformer malgré le résultat positif et utile pour eux | 3 |

L'aptitude antérieure de ces malades était la suivante :

1° Hommes sortis aptes au service armé (52) :

| | |
|---|---|
| Étaient proposables pour la réforme | 16 |
| Étaient aptes aux services auxiliaires | 30 |
| Étaient déjà aptes au service armé | 6 |

2° Hommes sortis aptes aux services auxiliaires (29) :

| | |
|---|---|
| Étaient proposables pour la réforme | 25 |
| Étaient déjà aptes aux services auxiliaires | 4 |

*Conclusions.* — Le traitement de la surdité par la méthode de Marage est utile au point de vue militaire, au point de vue financier, au point de vue social :

1° Au point de vue militaire, en récupérant pour l'armée des hommes qui, sans ce traitement, eussent été perdus pour elle.

2° Au point de vue financier, en supprimant ou en diminuant des invalidités par surdité de guerre, donc les gratifications et pensions qui en résultent. En particulier, dans la 8e région, ce fait a été constaté nettement par la Commission médico-légale.

3° Au point de vue social, en conservant à de nombreux individus la possibilité après la guerre, en cas d'absence de nouvelle blessure, de reprendre leur profession antérieure souvent incompatible avec la surdité.

MÉDECINE. — *Les causes des troubles observés après l'injection des produits du groupe de l'arsénobenzol et les crises anaphylactiques.* Note (¹) de M. J. DANYSZ, présentée par M. Roux.

On observe quelquefois, après l'injection intraveineuse d'un produit du groupe de l'arsénobenzol (galyl, luargol, etc.), des phénomènes d'intoxication plus ou moins alarmants : troubles gastro-intestinaux, congestions, dyspnée, urticaire, tremblements, crises convulsives, céphalées, accompagnés ou non d'élévations de température plus ou moins marquées.

Les travaux publiés sur cette question par MM. Queyrat, Darier, Milian, Ravaut, Emery, Ch. Fleig etc. ainsi que quelques observations personnelles, m'ont donné l'idée de quelques expériences dont voici le résumé et les conclusions :

*Tous les produits mono- ou disodiques du groupe de l'arsénobenzol ainsi que les composés arséniophosphorés se troublent et donnent des précipités en présence du chlorure de sodium, des oxalates, carbonates, sulfates et surtout des phosphates alcalins et magnésiens.* Dans certains cas l'action est purement catalytique, dans d'autres il y a de véritables combinaisons. Certains de ces précipités peuvent se redissoudre dans le même liquide, d'autres restent insolubles même dans un excès de soude. Leur formation peut être retardée ou empêchée dans certains cas par la présence du sérum sanguin, du sucre ou de la glycérine; elle peut être accélérée dans d'autres (glycérophosphate de chaux par exemple).

La formation plus ou moins rapide de ces précipités dans les solutions fait apparaître le même produit plus ou moins toxique pour les lapins.

Ainsi, quand on injecte dans la veine du lapin une solution qui se trouble dans la solution de NaCl pur à 8 pour 1000 en moins de 10 minutes, on provoque toujours chez l'animal une crise convulsive immédiate et mortelle à la dose de $0^{cg},20$, très grave mais pas toujours mortelle à la dose de $0^{cg},10$, une simple dyspnée accompagnée de diarrhée et quelques soubresauts convulsifs à la dose de $0^{cg},05$. Ce dernier lapin supportera très bien quelques heures plus tard $0^{cg},20$ du même produit un peu plus alcalinisé, lequel, grâce à cette addition de soude, ne se troublera dans ce même milieu qu'après 5 à 6 heures. Ch. Fleig a constaté, à l'autopsie des lapins morts d'une de ces crises aiguës, la présence des précipités dans les capillaires du poumon; nous avons pu confirmer ce fait, de sorte qu'il est possible d'affirmer que les troubles qui apparaissent

(¹) Séance du 21 août 1916.

immédiatement, ou quelques heures après l'injection, ont pour cause la formation d'un précipité dans le courant circulatoire.

Les différences des symptômes observés peuvent être expliquées par les différences de localisation du précipité, et ces différences de localisation doivent être elles-mêmes déterminées par les différences de la richesse du sang en certains sels (temporaire ou constante) dans la muqueuse intestinale, la peau, le rein, le cerveau, le poumon. Dans ce dernier, l'acide carbonique doit jouer un rôle important.

Cet ensemble de troubles on le retrouve identiquement le même dans les crises anaphylactiques, et il serait difficile de trouver un ensemble de conditions expérimentales plus appropriées que celles que nous venons de faire avec le luargol, *pour prouver que, dans une crise anaphylactique active ou passive, c'est le précipité qui est le principal agent des manifestations pathologiques.* Dans les deux cas il y a les mêmes symptômes, les mêmes causes (formation des précipités *in vitro* et *in vivo*), les mêmes moyens d'éviter les crises par des anesthésiques ou les vasoconstricteurs, ainsi que cela a été démontré par MM. Roux et Bezredka pour l'anaphylaxie et par M. Milian pour les crises nitritoïdes.

*Conclusions.* — 1° Les tromboses, phlébites et autres accidents locaux des veines injectées, s'ils ne sont pas dus à des fautes de technique, peuvent être produits par une hyperalcalinisation des solutions.

2° Les accidents d'allure générale, vomissements, diarrhées, frissons, céphalées, élévations de température passagères qui peuvent se produire quelques minutes ou quelques heures après l'injection, ainsi que les crises nitritoïdes de M. Milian, ont pour cause la vasodilatation ainsi que la formation d'un précipité et son arrêt temporaire dans les capillaires.

3° La rapidité de l'apparition de ces crises et le degré de leur gravité dépendent de la dose du produit injecté et de sa concentration. En augmentant la dose, on augmente le volume du précipité ; en augmentant la concentration, on accélère sa formation et l'on augmente le volume et la densité des grumeaux. Une alcalinisation suffisante des produits permet d'éviter l'apparition des crises nitritoïdes et autres troubles, chez les individus dont la composition moyenne du sang est normale. Pour éviter les ennuis de la soude dont la conservation au même titre est toujours très difficile, il serait préférable d'utiliser surtout les produits disodiques préparés d'avance.

4° En admettant une alcalinisation suffisante on peut favoriser la forma-

tion des précipités par la présence dans les dissolvants du sel marin et surtout des phosphates, carbonates, sulfates, oxalates et chlorures alcalino-terreux et magnésiens.

5° On peut retarder la formation des précipités, et par cela même diminuer la gravité des crises nitritoïdes ou anaphylactiques, par les moyens suivants :

*a.* En prolongeant la durée des injections et en les faisant en solutions très diluées; *b.* En préparant les dilutions dans des solutions isotoniques de sucre ou de glycérine qui retardent la formation des précipités dans la plupart des cas; *c.* En injectant en même temps des anesthésiques ou des vasoconstricteurs.

6° Les composés neutres des produits du groupe d'arsénobenzol, les *néo* ou *novo* arsénobenzols, etc. ne précipitent pas en présence des chlorures, sulfates et carbonates, mais précipitent en présence de certains phosphates. Ces produits ne provoquent donc des crises rapides que dans des conditions exceptionnelles, mais leur emploi donne lieu relativement plus souvent à des accidents tardifs plus graves.

7° Pour les produits du groupe de l'arsénobenzol, *la formation d'un précipité* non ou peu nocif, qui se manifeste par des troubles légers 1 à 6 heures après l'injection, *est une condition essentielle de leur efficacité thérapeutique, le facteur « temps » joue ici un rôle important.*

Les produits sodiques sont donc plus actifs que les produits neutres (*novo*) et quand ils sont bien préparés et injectés avec les précautions nécessaires, sont moins dangereux que les produits neutres. En effet, comme pour obtenir la même action curative on est obligé d'injecter les produits neutres à des doses deux ou trois fois plus considérables, alors, quand pour une cause ou une autre ils seront retenus dans l'organisme et produiront des précipités ou des composés toxiques, ils causeront des accidents plus graves que les produits sodiques.

8° Toutes choses d'ailleurs égales, il semble que les composés qui produiront les mêmes effets curatifs par les doses relativement les plus petites seront aussi les moins dangereux pour les malades.

MÉDECINE. — *Préparation, propriétés et avantages d'un vaccin homogène.* Note (¹) de M. L. Camus, présentée par M. E. Roux.

Un progrès très important dans la diffusion de la vaccine a eu pour point de départ l'emploi de la pulpe glycérinée, et c'est aussi grâce à ce produit que la loi du 15 février 1902 sur la vaccination obligatoire s'est trouvée facilement applicable.

Depuis son origine la technique des préparations glycérinées de vaccin a été très peu modifiée, elle est assez simple : elle consiste à broyer puis à tamiser la pulpe qui a séjourné un certain temps dans la glycérine. Les améliorations dont ce produit a bénéficié sont, pour une faible part, la conséquence d'un traitement mécanique plus soigné; elles tiennent surtout à un choix plus rationnel des semences, à une meilleure qualité des pulpes utilisées, enfin à une purification bactériologique mieux étudiée et à un contrôle plus renouvelé de l'activité spécifique.

L'analyse chimique quantitative ne révèle que de très légères variations de composition entre les vaccins délivrés par les Instituts producteurs, mais l'examen physique fait quelquefois reconnaître d'assez notables différences dans la finesse et le nombre des particules solides en suspension dans la glycérine. On peut, parmi celles-ci, constater la présence soit de débris épidermiques avec de nombreuses cellules intactes, soit de poils en quantité plus ou moins grande, soit encore d'agrégats fibrineux plus ou moins complexes et plus ou moins volumineux. L'importance de cette observation n'est pas capitale en ce sens qu'elle ne permet pas de prévoir que l'activité d'un produit laissera beaucoup à désirer; cependant, une préparation remplie de fragments volumineux est toujours critiquable car elle se prête mal aux recherches scientifiques et n'est pas sans inconvénients dans la pratique courante.

*Préparation.* — Pour débarrasser le vaccin des corps étrangers qu'il renferme et pour lui donner plus d'homogénéité, il suffisait de tenir compte des anciennes et géniales observations de M. Chauveau, qui ont démontré que le virus vaccinal est un agent figuré, et aussi des expériences de filtration qui indiquent que ce virus doit se classer parmi les plus petits organismes. A la lumière de ces notions j'ai été conduit, pour réaliser une préparation homogène et active, à employer une méthode courante en physiologie expérimentale, la sédimentation fractionnée.

---

(¹) Séance du 28 août 1916.

De même qu'on retire du sang ou de certaines émulsions les éléments les plus petits qu'ils renferment, de même j'ai pu extraire des préparations vaccinales leurs plus fines granulations. A cet effet, la pulpe convenablement broyée et tamisée est diluée dans trois ou quatre fois son poids de sérum artificiel. Par une première centrifugation courte et rapide on élimine d'abord les particules les plus denses et les moins bien broyées, puis, après avoir diminué la stabilité de la dilution par le passage d'un courant d'acide carbonique, on récupère le reste du produit par une deuxième centrifugation. Le précipité fin recueilli sans délai est soumis au vide, et quand tout dégagement gazeux a cessé on le traite par la glycérine qui donne une préparation stable et homogène.

Voici les principaux caractères du vaccin que j'ai obtenu par cette méthode :

*Caractères physico-chimiques de la préparation.* — Une pulpe glycérinée homogène, qui renferme de 5 à 10 pour 100 d'extrait sec et 50 à 60 pour 100 de glycérine, se montre tout à fait satisfaisante pour les usages ordinaires. Cette préparation est de couleur blanchâtre ou blanc jaunâtre, elle est assez fluide, elle se conserve bien et se montre assez résistante à la sédimentation spontanée. Sa densité peut osciller de 1,140 à 1,200. Elle est neutre au tournesol. Elle ne se congèle pas au frigorifique à — 15° et peut y être gardée longtemps en réserve sans se modifier. Les dilutions dans l'eau salée coagulent par le chauffage et par l'action de l'alcool, elles sont précipitées par les acides et solubilisées par les alcalis. Au microscope on ne découvre dans le vaccin homogène aucune cellule épidermique intacte, on ne constate la présence que de détritus protoplasmiques ou nucléaires et aussi d'éléments microbiens. Diluée dans l'eau glycérinée, l'eau salée physiologique ou le bouillon ordinaire, la pulpe homogène se différencie instantanément des préparations ordinaires de vaccin; il ne se forme aucune granulation décelable directement à l'œil nu, et le liquide, après une légère agitation, devient opaque d'une façon uniforme et assez stable. Les parois du tube de vaccin homogène qui vient d'être vidé sont lisses et ne retiennent aucun fragment de pulpe.

*Propriétés bactériologiques.* — Un vaccin homogène, fraîchement préparé, se montre aussi riche en microbes adventices que le vaccin obtenu suivant la techique ordinaire, mais comme on devait s'y attendre, il se purifie beaucoup mieux et beaucoup plus régulièrement, il est plus sensible à l'action de la glycérine et des différents antiseptiques. C'est une loi générale qu'une dilution donnée se stérilise d'autant mieux qu'elle est plus dégrossie et constituée d'éléments plus petits.

*Activité spécifique.* — Soumis au contrôle ordinaire, le vaccin homogène présente une activité comparable à celle des meilleures pulpes glycérinées. Ensemencées sur la peau soigneusement rasée d'un lapin et étalées avec une pipette, suivant la technique que j'ai recommandée, des dilutions à $\frac{1}{100}$, $\frac{1}{500}$, $\frac{1}{1000}$ donnent une confluence complète des éléments si l'on emploie $0^{cm^3},3$ de ces dilutions pour des surfaces de $40^{cm^2}$ à $60^{cm^2}$. La muqueuse naso-labiale inoculée par piqûres avec une dilution à $\frac{1}{10}$ donne 100 pour 100 de très beaux éléments.

*Conservation du vaccin homogène.* — D'après ce qui vient d'être dit de la sensibi-

lité de cette préparation aux agents antiseptiques et en particulier à la glycérine, on devait craindre qu'un affaiblissement marqué de son activité ne se produisît rapidement; il n'en est rien, à basse température la virulence de ce vaccin se conserve pendant fort longtemps, et à la température ambiante elle persiste de façon suffisante pour donner satisfaction aux besoins ordinaires du laboratoire et de la pratique médicale. Toutefois, il est bon de rappeler que les préparations vaccinales sont toutes très fragiles, quand elles sont pures et qu'il faut redouter l'élévation de la température qui leur est toujours plus ou moins funeste. La stabilité d'un vaccin homogène bien préparé ne laisse rien à désirer au point de vue de sa durée; j'ai conservé certains échantillons dans des tubes ordinaires placés verticalement et la sédimentation n'était pas encore décelable après plusieurs mois.

*Avantages du vaccin homogène.* — Une préparation de pulpe homogène présente un double avantage: celui de permettre des études biologiques plus précises et celui de donner à la pratique vaccinale un produit plus régulier et aussi plus sûrement actif.

Le vaccin homogène purifié se prête mieux que le vaccin ordinaire aux dilutions exactes, celles-ci sont surtout nécessaires lorsqu'il s'agit de graduer l'activité du virus ou d'éprouver l'état d'immunité de l'organisme; elles sont également fort utiles pour l'étude de la réaction précipitante et pour la recherche de la déviation du complément.

Dans la pratique courante l'homogénéité du vaccin rend les résultats plus comparables entre eux; on ne risque pas, dans le remplissage des tubes capillaires ou dans l'extraction de leur contenu, de déterminer une séparation, voire même une véritable filtration des parties actives comme cela se produit avec certaines préparations de pulpes ordinaires.

En somme, pour les études biologiques comme pour l'emploi médical, le vaccin homogène a sur le vaccin ordinaire une supériorité très appréciable.

La séance est levée à 15 heures trois quarts.

G. D.

---

## BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS DANS LES SÉANCES DE JUIN 1916 (*suite*).

*Les traitements hydropathiques complexes*, par F. GARRIGOU. Paris, Imprimerie de la Bourse du Commerce, 1916; 1 fasc. in-12. (Présenté par M. A. Gautier.)

*Le diabète sucré chez les Japonais et son étude comparative avec le diabète observé en Europe et en Amérique; recherches cliniques et expérimentales*, par le Dr TEIZO IWAI, traduit par le Dr J. LE GOFF. Extrait des *Archives de Médecine expérimentale et d'Anatomie pathologique*, 1916, t. XXVII. Paris, Masson, 1916; 1 fasc. in-8°.

*Nouveau genre de Musaraignes dans les dépôts miocènes de la Grive-Saint-Alban (Isère)*, par CL. GAILLARD. Extrait des *Annales de la Société Linnéenne de Lyon*, t. LXII, 1915, p. 83-98.

*Les concours beurriers cantonaux et le syndicat d'élevage de la race bovine normande pour l'amélioration et la sélection des taureaux et des vaches*, par CHARLES FASQUELLE. Paris, Baillière, 1910; 1 fasc. in-8°.

*Constitution métamérique de l'insecte*, par CH. JANET. Extrait du *Bulletin de la Société entomologique suisse*, t. XII, fasc. 7/8, 1915.

(*A suivre.*)

## ERRATA.

(Séance du 21 août 1916.)

Note de MM. *Dhéré* et *Vegezzi*, Influence exercée par le degré de réduction, etc. :

Page 210, ligne 13, *au lieu de* (toujours avec l'hydrosulfite de la solution alcoolo-aqueuse d'hématine pure), en milieu..., *lire* (toujours avec l'hydrosulfite) de la solution alcoolo-aqueuse d'hématine pure en milieu....

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 11 SEPTEMBRE 1916.

PRÉSIDENCE DE M. CAMILLE JORDAN.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
### DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce à l'Académie que le Tome 160 (janvier-juin 1915) des *Comptes rendus* est en distribution au Secrétariat.

MINÉRALOGIE. — *La constitution des roches volcaniques de l'Extrême Nord de Madagascar et de Nosy bé; les ankaratrites de Madagascar en général.* Note (1) de M. **A. Lacroix**.

La nature des laves rejetées par les volcans de l'Archipel des Comores étant établie (2), je me propose de préciser celle des produits des deux régions volcaniques les moins éloignées, c'est-à-dire de l'Extrême Nord de Madagascar, situé à environ $400^{km}$ (E.-E.-N.) de Mayotte et de Nosy bé distante d'un peu plus de $300^{km}$ (E.-E.-S.) de la même île.

L'Extrême Nord de Madagascar est formé par le Bobaomby, séparé par la baie de Diégo-Suarez du Massif d'Ambre auquel il est réuni par un long isthme dentelé. Cette région est la mieux connue de la Colonie au point de vue géologique, grâce aux travaux de M. Paul Lemoine (3), à l'obligeance duquel je dois tous ceux des échantillons étudiés que je n'ai pas recueillis moi-même.

---

(1) Séance du 4 septembre 1916.

(2) *Comptes rendus*, t. 163, 1916, p. 213.

(3) *Études géologiques dans le nord de Madagascar*. Paris, 1906.

Les éruptions volcaniques du Bobaomby sont datées ; des coulées basaltiques, associées à des tufs, sont intercalées dans des calcaires que M. Lemoine considère comme aquitaniens. Ces basaltes sont feldspathiques et se trouvent à l'extrême limite des types essexitiques. Dans l'isthme d'Andrakaka et dans le voisinage, les sédiments du Crétacé supérieur sont traversés ou recouverts par des filons ou des coulées d'une phonolite tinguaïtique.

Le Massif d'Ambre consiste en un vaste socle de coulées et de tufs basaltiques, accompagnés de quelques limburgites et aussi de roches hololeucocrates, malheureusement fort altérées : rhyolites à plagioclases, trachytes à anorthose et enfin trachytes à ægyrine néphélinifères [1]. Sur ce socle, se dressent des cônes de scories, à cratère parfois rempli par un lac ; des coulées sont descendues dans toutes les directions du massif au fond des vallées actuelles. Pour n'être plus en activité, ces volcans n'en sont donc pas moins fort récents. Dans leurs tufs, se rencontrent de gros cristaux de hornblende et de ferropicotite d'origine magmatique, de zircon rouge orangé et de corindon bleu, empruntés à un substratum granitique invisible.

Les analyses suivantes donnent une idée de la composition des laves de ces deux massifs : *a*. Basalte doléritique de Befamoty (la Table), Bobaomby, III.'6.3.4 ; — *b*. Basalte essexitique, Rivière des Maques entre le camp d'Ambre et Antongombato (Massif d'Ambre), III.6.'3.4 ; — *c*. Tinguaïte, Andrakaka, I'.6.1.4 : ces trois analyses ont été effectuées par M. Boiteau. N'ayant pu faire analyser les trachytes néphélinifères trop altérés, je donne en *d* la composition d'une roche identique, mais à plus gros grain (sölvsbergite néphélinifère) de Nosy Kivanjy, près de la pointe d'Ambavatoby, II.5.1.4 ; cette analyse, comme la suivante, est due à M. Pisani ; — *e*. Rhyolite, entre Ampombiantombo et Bibasoaka (Massif d'Ambre), I.3.(1)2.3.

---

[1] Je distingue les roches pauvres en néphéline (appartenant à l'ordre 5) par le qualificatif de *néphélinifère*, par opposition aux roches *néphéliniques*, dans lesquelles la proportion de la néphéline exprimée est plus élevée.

| | a. | b. | c. | d. | e. |
|---|---|---|---|---|---|
| $SiO^2$ | 45,70 | 45,80 | 54,97 | 60,20 | 77,31 |
| $Al^2O^3$ | 13,03 | 14,06 | 21,27 | 15,85 | 10,63 |
| $Fe^2O^3$ | 2,84 | 5,16 | 2,28 | 2,95 | 0,91 |
| FeO | 9,10 | 7,95 | 1,02 | 3,60 (1) | 0,68 |
| MgO | 10,80 | 6,96 | 0,33 | 1,65 | 1,21 |
| CaO | 11,07 | 9,25 | 1,65 | 2,75 | 0,76 |
| $Na^2O$ | 3,12 | 4,67 | 8,87 | 7,38 | 3,05 |
| $K^2O$ | 1,43 | 2,38 | 6,15 | 3,32 | 3,33 |
| $TiO^2$ | 1,33 | 2,17 | 0,35 | 0,39 | 0,07 |
| $P^2O^5$ | 0,45 | 0,89 | 0,14 | 0,07 | » |
| $H^2O$ à 105° | 0,31 | 0,12 | 0,31 | 2,00 | 1,80 |
| » au rouge. | 1,12 | 0,55 | 2,44 | | |
| | 100,30 | 99,96 | 99,78 | 100,16 | 99,75 |

On remarquera la grande analogie que présente l'ensemble de ces roches avec celles des Comores, mais ici la différenciation a été poussée plus loin et a fourni un type hololeucocrate très acide, qui n'existe pas dans l'archipel. Par contre, je n'ai rencontré aucune lave très mélanocrate, telle que les ankaramites et les ankaratrites de la Grande Comore; mais un terme extrême de différenciation basique ne manque pas en profondeur, si l'on en juge par l'abondance des nodules à olivine se trouvant dans les scories basaltiques des cônes qui bordent la route des Placers dans le Massif d'Ambre.

L'île de Nosy bé renferme dans ses parties nord et sud-est des sédiments calcaires et gréseux liasiques, traversés et métamorphisés par des filons et des intrusions de roches granitiques et syénitiques alcalines à rattacher à la série, si abondante en types intéressants, qui se développe au sud de la baie d'Ampasindava. C'est sur le bord occidental de ces formations sédimentaires que se rencontrent les volcans qui ont édifié la plus grande partie de l'île de Nosy bé; ils sont essentiellement de nature basaltique et ont été émis par des éruptions explosives dont les cônes à cratère sont aussi bien conservés que ceux du Massif d'Ambre; elles ont, elles aussi, donné des coulées épanchées dans les vallées actuelles.

Le caractère essexitique ou même théralitique de ces roches basaltiques est des plus caractérisé : on y remarque des types feldspathiques contenant quelquefois une matière incolore isotrope, mais il existe aussi de véritables

(1) Y compris MnO = 0,40.

limburgites, dans lesquelles il ne se trouve plus de feldspath et où la substance isotrope est très probablement constituée par de l'analcime.

Enfin, il faut signaler encore des laves extrêmement riches en péridot, que je désigne sous le nom d'*ankaratrites picritiques* et sur lesquelles je vais revenir plus loin.

Le seul cas de différenciation acide observé consiste en une rhyolite holocristalline, hololeucocrate, riche en quartz, de l'île Sakatia; elle peut presque être considérée comme un microgranite à grain très fin.

Les analyses suivantes ont été faites, *a* et *d* par M. Pisani, *b* et *c* par M. Boiteau : *a* Basalte essexitique, Ampombilava, III.6.3.4(5); — *b* Limburgite, île Sakatia, III.6.'3.4; — *c* Ankaratrite picritique, Kalompona, [*IV.6.3.4*] IV.1.3'.'2.2; — *d* Rhyolite, île Sakatia, I.4.1(2).3 :

| | *a.* | *b.* | *c.* | *d.* |
|---|---|---|---|---|
| $SiO^2$ | 43,75 | 43,03 | 43,30 | 71,80 |
| $Al^2O^3$ | 15,90 | 13,75 | 8,57 | 14,03 |
| $Fe^2O^3$ | 2,50 | 5,98 | 1,51 | 1,04 |
| FeO | 7,85 | 7,29 | 9,2 (¹) | 1,06 |
| MgO | 9,34 | 6,58 | 21,20 | 0,43 |
| CaO | 11,10 | 11,80 | 9,45 | 0,90 |
| $Na^2O$ | 3,38 | 3,38 | 1,91 | 3,36 |
| $K^2O$ | 0,75 | 2,20 | 1,07 | 5,69 |
| $TiO^2$ | 2,40 | 2,32 | 1,74 | 0,29 |
| $P^2O^5$ | 0,07 | 0,76 | 0,13 | 0,26 |
| $H^2O$ à 105° | 3,10 | 0,66 | 2,00 | 0,26 |
| » au rouge | | 1,87 | | 1,04 |
| | 100,14 | 99,62 | 100,13 | 100,16 |

Dans les deux séries qui viennent d'être passées en revue, toutes les roches sont dosodiques (prédominance en poids de la soude sur la potasse), à l'exception des termes hololeucocrates les plus acides, qui sont sodipotassiques : c'est là une particularité qui se retrouve dans la province d'Ampasindava. Les laves de Nosy bé doivent être rattachées à cette même province, les limites de cette Note ne me permettent pas d'insister sur cette question que je discuterai ultérieurement.

Je désire en terminant donner les caractéristiques des roches que je désigne sous le nom d'*ankaratrites;* elles sont au plus grand nombre des

(¹) Y compris $MnO = 0,40$.

basaltes néphéliniques ce que les ankaramites sont aux basaltes feldspathiques; elles en constituent les types les plus mélanocrates. Les roches désignées jusqu'ici sous le nom de *basaltes néphéliniques* (néphélinites à olivine) sont en effet très différentes les unes des autres au point de vue de leur composition quantitative. La plupart d'entre elles ([1]) sont mésocrates, ou moyennement mélanocrates; le calcul de leur composition virtuelle met en évidence une quantité souvent considérable de feldspaths, de telle sorte que dans ce cas elles sont de véritables hétéromorphes des basaltes théralitiques et des téphrites à olivine (III.6.3.4); leurs formes grenues correspondent aux fasinites ([2]) (bekinkinites). Par contre, les ankaratrites sont caractérisées par l'extrême prédominance des éléments ferromagnésiens, olivine en phénocristaux, augite titanifère existant en totalité ou en partie seulement sous forme microlitique, ilménite et souvent perowskite, biotite; la néphéline ne comprend guère plus de 10 à 15 pour 100 de la roche; elle est accompagnée très fréquemment par de la mélilite; mais dans tous les gisements malgaches que j'ai étudiés, ce minéral, qui est souvent assez abondant, ne se rencontre jamais d'une façon constante dans une même coulée; c'est ce que j'ai pu constater notamment à Laona, dans l'Ankaratra, et à Amparafaravola, dans le pays Sihanaka. D'ailleurs, ainsi qu'on peut s'en assurer par la comparaison des analyses *c* et *c'*, l'apparition de la mélilite n'est la conséquence que de très minimes variations dans la composition chimique.

Les ankaratrites présentent des variétés limburgitiques, dans lesquelles la néphéline est remplacée par un minéral incolore, monoréfringent; au sud d'Ambato sur la Grande Terre, au sud de Nosy bé, cette matière renferme des inclusions ferrugineuses en couronne, qui font penser à la

---

([1]) C'est à ces roches que je conserve le nom de *basaltes néphéliniques* : les *limburgites* en sont des variétés dans lesquelles la néphéline est remplacée par du verre ou de l'analcime.

([2]) Je désigne sous le nom de *fasinite*, d'un des radicaux entrant dans la composition d'Ampasindava (*any fasina lava*), la roche grenue formée d'augite et de néphéline avec un peu d'olivine, de biotite, d'apatite, quelquefois d'orthose, d'Ambaliha que j'ai décrite jadis sous le nom d'*ijolite* : Rosenbusch a proposé de l'appeler *bekinkinite*, mais cette appellation peut prêter à l'équivoque, les roches du Bekinkiny constituant un type, quelque peu différent, auquel cette dénomination pourrait être maintenue (les bekinkenites, comprises dans ce sens, sont des fasinites généralement plagioclasiques, toujours riches en hornblende, avec une partie des minéraux blancs transformés en analcime).

leucite; dans une Note précédente, j'ai donné l'analyse d'une roche du même genre provenant de la Grande Comore.

Les ankaratrites constituent dans l'Ankaratra les plus récentes des grandes coulées descendant des hauts sommets. Elles existent aussi dans le Valalafotsy, à Amparafaravola et, sur la côte orientale, au sud de Vohémar et près de Mahanoro.

*Analyses des ankaratrites.* — *a.* Sommet du Tsiafajavona (M. Boiteau) [*IV.(7)8.(2)(3).'4*] IV.2.(2)3.2.2; — *b.* Laona (type à mélilite), [*'IV.7.3.4*] 'IV.'2.(3).2.2; — *c.* Amparafaravola (type à mélilite); — *c'.* Id. (type sans mélilite), [*IV.7.3.(3)4*] IV.(1)2.3.2.2; — *d.* Mahanoro [*IV.'8.(2)(3).'4*] IV.'2.3.2.2; — *e.* Ankaratrite limburgitique, sud d'Ambato, [*IV.'6.4.4*] IV.2'.2.2.2 (M. Raoult).

| | *a.* | *b.* | *c.* | *c'.* | *d.* | *e.* |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $SiO^2$ ........ | 38,74 | 39,02 | 38,70 | 39,64 | 39,01 | 41,34 |
| $Al^2O^3$ ........ | 11,30 | 11,05 | 8,30 | 9,91 | 7,93 | 12,87 |
| $Fe^2O^3$ ........ | 4,28 | 3,52 | 4,14 | 2,50 | 4,53 | 4,28 |
| FeO ........ | 7,71 | 6,65 | 8,10 | 8,79 | 7,83 | 8,80 |
| MgO ........ | 11,97 | 14,33 | 16,97 | 14,76 | 17,82 | 11,16 |
| CaO ........ | 14,43 | 15,30 | 14,70 | 14,60 | 14,25 | 13,75 |
| $Na^2O$ ........ | 3,02 | 2,24 | 2,62 | 1,86 | 1,96 | 1,42 |
| $K^2O$ ........ | 1,92 | 1,38 | 1,72 | 1,68 | 1,54 | 0,71 |
| $TiO^2$ ........ | 3,30 | 3,31 | 3,20 | 3,33 | 3,21 | 3,00 |
| $P^2O^5$ ........ | 1,77 | 1,23 | 0,70 | 0,60 | 1,14 | 0,84 |
| $H^2O$ à 105° .... | 0,60 | 0,36 | 0,07 | 0,42 | 0,19 | 0,22 |
| » au rouge. | 1,28 | 1,75 | 0,75 | 2,12 | 0,85 | 1,39 |
| | 100,32 | 100,14 | 99,97 | 100,21 | 100,26 | 99,78 |

On voit d'après cette composition que la forme holocristalline grenue des ankaratrites doit être une variété de pyroxénite péridotique, avec ou sans un peu de néphéline, une sorte de jacupirangite à péridot.

Quant à l'ankaratrite de Nosy bé, que j'ai qualifiée plus haut de picritique, elle se distingue du type qui vient d'être défini, plus fréquent, par une quantité beaucoup plus grande de magnésie et par une réduction de la teneur en chaux, ce qui entraîne une grande prédominance de l'olivine sur le pyroxène. Cette roche joue donc par rapport aux ankaratrites le même rôle que les picrites feldspathiques vis-à-vis des ankaramites dans la série des basaltes feldspathiques mélanocrates. Elle constitue un terme de différenciation ultra-basique qui, dans le magma profond de Nosy bé, se poursuit jusqu'à des dunites dont les fragments abondent en plusieurs points de l'île sous forme de nodules à olivine.

M. C. de la Vallée Poussin fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage intitulé : *Intégrales de Lebesgue, Fonctions d'ensemble, Classes de Baire;* Leçons professées au Collège de France.

## CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Département de l'Eure. *Rapport du Conseil départemental d'Hygiène publique et de Salubrité et des Commissions sanitaires. Année* 1914.

2° *Bases théoriques de l'Aéronautique. Aérodynamique*, Cours professé à l'École impériale technique de Moscou, par N. Joukowski. Traduit du russe par S. Drzewiecki.

3° Une Notice bibliographique sur le Tome III (an 1804-1807) des *Procès-verbaux des séances de l'Académie des Sciences tenues depuis la fondation de l'Institut jusqu'au mois d'août* 1835, par M. A. Boulanger.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur une nouvelle Table de diviseurs des nombres.* Note de M. Ernest Lebon.

J'ai l'honneur de présenter à l'Académie une extension de la méthode exposée à la fin de ma précédente Note (*Comptes rendus*, t. 162, 1916, p. 346) pour amener un nombre composé $K;1$ $(K > B)$ à avoir ses facteurs premiers dans deux nombres du Tableau $k;1$ $(k < B)$, par suite, dans beaucoup de cas, pour obtenir ces facteurs sans posséder le Tableau $K;1$.

1. Soit donné un nombre $\alpha; I$ compris entre B et $B^2$ et premier avec B. Le nombre $(\alpha; I) I'$, $I'$ étant tel que $II' = k; 1$, est dans le Tableau 1 et a pour caractéristique $K = \alpha I' + k$. Soit $K > B$. Un nombre $\Phi < B$ est un diviseur de $\alpha; I$ si, $\varepsilon_1$ étant la caractéristique de $\Phi_1$, la différence $K - \varepsilon_1$ est divisible par $\Phi_1$. Les calculs se font en se servant du Tableau $k;1$. On est conduit à chercher de même si $K - \varepsilon_2$ est divisible par $\Phi_2$, ou à se servir de $\Psi = (\alpha; I) : \Phi_1$.

Pour trouver des facteurs premiers d'un nombre $\alpha$; I, ce procédé est beaucoup plus rapide que le procédé classique. Par exemple, soit

$$\alpha;\, I = 13\,136\,987 = 437;\, 13\,877.$$

Le Tableau $II' \equiv 1$ donne

$$I' = 10\,463, \qquad k = 4835; \qquad \text{d'où} \qquad K = I'\alpha + k = 4\,577\,166;$$

au 92[e] essai, je trouve que $K - 200$ est divisible par 2027; donc

$$\Phi = 2027, \qquad \Psi = 6481.$$

Par le procédé classique, c'est seulement au 303[e] essai de nombres premiers à partir de 17 que l'on reconnaît que $\alpha$; I est divisible par 2027; de plus, on est obligé de faire les divisions avec $\alpha;\, I > K$.

2. A présent, soit à résoudre le problème général suivant :

*Étant donné le nombre* $\alpha$; I *compris entre* B *et* $B^2$ *et premier avec* B, *trouver un nombre* $\beta$; I' *tel que le produit* $(\alpha; I)\,(\beta; I')$, *qui est dans le Tableau* 1, *soit égal au produit* $(\varepsilon; 1)\,(\theta; 1)$ *de deux nombres du Tableau* $k$; 1 *et, par suite, avoir les facteurs premiers de* $\alpha$; I *et de* $\beta$; I'.

Je suppose que $\alpha$; I soit composé; on peut alors écrire

$$\alpha;\, I = \Phi . \Psi, \qquad \text{avec} \qquad \Phi < B, \qquad \Psi \gtreqless B.$$

J'appelle $\varphi'$ et $\psi'$ les indicateurs tels que

$$\Phi\varphi' = \varepsilon;\, 1, \qquad \Psi\psi' = \theta;\, 1;$$

d'où il résulte que l'on peut écrire

$$\varphi'\psi' = \beta;\, I', \qquad II' \text{ étant } = k;\, 1.$$

Entre les caractéristiques des produits égaux $(\alpha; I)(\beta; I')$ et $(\varepsilon; 1)(\theta; 1)$, on a l'équation

$$(\alpha; I)\,\beta + I'\alpha + k = (\varepsilon; 1)\,\theta + \varepsilon, \tag{1}$$

d'où l'on tire, en tenant compte des hypothèses précédentes,

$$I'\alpha + k - \varepsilon = \Phi\,(\varphi'\theta - \Psi\beta). \tag{2}$$

On sait trouver (§ 1) en même temps une valeur $\Phi_1$ de $\Phi$ et la valeur correspondante $\varepsilon_1 < B$ de $\varepsilon$. De là résulte la valeur $\varphi'_1$ de $\varphi'$. On a $\Psi_1 = (\alpha; I) : \Phi_1$. Soit $\psi_1$ l'indicateur de $\Psi_1$. Avec $\psi_1$ on trouve $\psi'_1$, à

l'aide du Tableau $II' \equiv 1$. *Le produit* $\varphi'_1 \psi'_1$ *donne la valeur* $\beta_1$ *de* $\beta$. Le produit $\Psi_1 \psi'_1$ donne la valeur $\theta_1$ de $\theta$.

Les facteurs premiers non calculés du nombre $\alpha; I$ et les facteurs premiers du nombre $\beta_1; I'$ sont contenus dans les deux nombres $\varepsilon_1; 1$ et $\theta_1; 1$. Ceux-ci contiennent aussi les facteurs premiers de deux autres nombres $\gamma_1; I_1$ et $\delta_1; I'_1$ tels que $I_1 I'_1 \equiv 1$, respectivement formés avec les produits $\Phi_1 \psi'_1$ et $\Psi_1 \varphi'_1$.

A chaque valeur $\Phi_n$ de $\Phi$ correspond une valeur $\varepsilon_n < B$ de $\varepsilon$ et, par suite, une série de valeurs des autres inconnues.

Supposons que l'on n'arrive pas, avec la valeur $\Phi_1$ de $\Phi$, à trouver une valeur de $\theta < B$, ni avec une autre valeur $\Phi_2$ de $\Phi_1$, etc. Au fur et à mesure des déterminations de valeurs de $\Phi$, on examine si le produit de deux valeurs trouvées pour $\Phi$ est $< B$ et s'il conduit à une valeur de $\theta < B$.

La méthode précédente sera rapide pour construire le Tableau I si l'on a les facteurs de $\alpha; 1$. Il est à peine utile de faire remarquer que, si l'on se donne deux nombres $\varepsilon; 1$ et $\theta; 1$ du Tableau $k; 1$, on détermine très rapidement les quatre nombres qui en dérivent.

3. *Exemple.* — Soit

$$\alpha; 1 = 853\,814\,113 = 28\,432; 1153.$$

Le Tableau $II' \equiv 1$ donne

$$I' = 16\,747, \quad k = 643; \quad \text{d'où} \quad I'\alpha + k = 476\,151\,347.$$

Or, à $\varepsilon_1 = 12$ (6$^e$ essai), il y a 89 et à $\varepsilon_2 = 84$ (40$^e$ essai), il y a 311 qui sont diviseurs de $\alpha; I$. Prenant $\Phi = 89.311 = 27\,679$, on trouve

$$\varepsilon = 17\,189, \quad \varphi' = 18\,649 = 17.1097, \quad \Psi = 30\,847,$$
$$\psi' = 27\,163 = 23.1181, \quad \beta = 16\,868, \quad \theta = 27\,902;$$
$$\varepsilon; 1 = 17.\ 89.311.1097, \quad \theta; 1 = 23.109.\ 283.1181;$$
$$\alpha; I = 89.109.283.\ 311, \quad \beta; I' = 17.\ 23.1097.1181;$$
$$\gamma; I_1 = 23.\ 89.311.1181, \quad \delta; I'_1 = 17.109.\ 283.1097.$$

GÉOMÉTRIE. — *Sur les involutions appartenant aux surfaces algébriques.* Note ([1]) de M. **Lucien Godeaux**, transmise par M. Emile Picard.

Soit F une surface algébrique possédant une involution $I_n$, $\infty^2$, d'ordre premier $n$, douée d'un nombre fini de points de coïncidence. Nous savons

([1]) Séance du 4 septembre 1916.

(*Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 851 et 1261) que ces points peuvent être de deux espèces : les points de coïncidence parfaite, dont tous les points infiniment voisins sur la surface sont des coïncidences pour l'involution $I_n$, et les points de coïncidence non parfaite, qui n'ont dans leur domaine du premier ordre que deux points de coïncidence pour $I_n$. Désignons par $\gamma_1$, $\gamma_2$ les nombres respectifs de ces points de coïncidence.

Désignons par $\Phi$ une surface normale image de l'involution $I_n$. On sait qu'à un point de coïncidence parfaite correspond un point de diramation qui est un point $n$-uple conique, à cône rationnel. A un point de coïncidence non parfaite correspond un point double biplanaire auquel sont infiniment voisins successifs $\frac{1}{2}(n-3)$ points doubles dont le dernier est biplanaire. La surface $\Phi$ possède donc $\gamma_1$ points $n$-uples coniques, à cône tangent rationnel, et $\gamma_2$ points doubles de l'espèce indiquée ci-dessus. Chacun des $\gamma_1$ points $n$-uples est équivalent, au point de vue des transformations birationnelles, à une courbe rationnelle de degré $-n$.

On démontre que les courbes canoniques de la surface $\Phi$ rencontrent chacune des $\gamma_1$ courbes rationnelles dont il vient d'être question, en $n-2$ points. On peut donc calculer la relation existant entre les genres linéaires $p^{(1)}$ de F et $\pi^{(1)}$ de $\Phi$. On a précisément

$$p^{(1)}-1=n(\pi^{(1)}-1)+(n-1)(n-2)\gamma_1.$$

D'autre part, si l'on désigne par $\delta$ la classe de $\Phi$ et si l'on considère un faisceau arbitraire de sections hyperplanes de cette surface, on trouve pour son invariant de Zeuthen-Segre $i$ la valeur

$$i=\delta+n(\gamma_1+\gamma_2)-\nu-4\pi,$$

$\nu$ et $\pi$ étant respectivement l'ordre de $\Phi$ et le genre de ses sections hyperplanes. La considération du faisceau de courbes de F transformé du faisceau considéré sur $\Phi$ donne, pour l'invariant de Zeuthen-Segre I de F, la valeur

$$I=n\delta+(n-1)^2\gamma_1+\gamma_2-n\nu-4n\pi+4n-4.$$

De ces deux formules on déduit

$$n(i+4)-(I+4)=(2n-1)\gamma_1+(n^2-1)\gamma_2.$$

Comme on a

$$p^{(1)}+I=12p_a+9, \qquad \pi^{(1)}+i=12\pi_a+9,$$

on trouve, entre les genres arithmétiques $p_a$ de F et $\pi_a$ de $\Phi$, la relation

$$n(\pi_a+1)-(p_a+1)=\frac{1}{12}[n+1)\gamma_1+(n^2-1)\gamma_2].$$

On peut aisément construire des surfaces telles que F. Considérons, en effet, deux nombres $n_1$, $n_2$, premiers entre eux et premiers avec $n$, dont la somme soit $n$. Considérons maintenant la surface

$$(1)\qquad x_1x_2(x_1^n+ax_2^n)+f(x_3, x_4)=0,$$

$f(x_3, x_4)$ étant une fonction homogène $e$, de degré $n+2$, complète, de $x_3$, $x_4$. La surface (1) est invariante pour l'homographie de période $n$

$$x'_1 : x'_2 : x'_3 : x'_4=\varepsilon^{n_1}x_1 : \varepsilon^{n_2}x_2 : x_3 : x_4 \qquad \left(\varepsilon=e^{\frac{2i\pi}{n}}\right).$$

Celle-ci engendre sur F une involution d'ordre $n$ possédant $n+4$ points de coïncidence, à savoir les points

$$x_1=x_2=0,\quad f(x_3, x_4)=0 \quad \text{et} \quad x_1=x_3=x_4=0,\quad x_2=x_3=x_4=0.$$

On voit aisément que l'on a

$$\gamma_1=2,\qquad \gamma_2=n+2.$$

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Observations du Soleil, faites à l'Observatoire de Lyon, pendant le premier trimestre de* 1916. Note de M. J. **Guillaume**, présentée par M. B. Baillaud.

Les principaux faits résultant des 61 jours d'observations dans ce trimestre se résument ainsi :

*Taches.* — Une recrudescence d'activité dans la formation des taches a succédé à l'accalmie qui a distingué le dernier trimestre de 1915 [1] : on a, en effet, enregistré 71 groupes avec une surface totale de 5184 millionièmes, au lieu de 49 groupes et 2631 millionièmes.

La répartition de cette augmentation a été de 13 groupes au sud de l'équateur (40 au lieu de 27) et de 9 au nord (31 au lieu de 22).

Parmi les groupes importants de ce trimestre, un seul a été visible à l'œil nu : c'est, dans l'ordre du passage au méridien central du disque solaire, le cinquième du mois de mars, dans le Tableau I :

Mars 7,9 à $-18^\circ$ de latitude.

Plusieurs groupes ont paru dans les zones supérieures à $\pm 30^\circ$, dont 1 dans l'hémisphère austral et 4 dans l'autre hémisphère. L'un d'eux, noté le 10 janvier à $+35^\circ$

---

[1] *Comptes rendus*, t. 162, 1916, p. 466.

de latitude, a reparu à la rotation solaire suivante, le 6 février, à $+37°$; l'intervalle entre les deux passages au méridien central a été de 20,8 jours.

Enfin, la latitude moyenne des groupes de taches a un peu diminué au sud en passant de $-19°,1$ à $-18°,6$ et a augmenté au nord avec $+18°,2$ au lieu de $+17°,4$.

*Régions d'activité.* — Les facules ont augmenté tant en nombre qu'en étendue : on a, effectivement, enregistré 113 groupes et 102,9 millièmes, au lieu de 97 groupes et 85,3 millièmes, précédemment.

Dans leur répartition de part et d'autre de l'équateur, on a noté 49 groupes au sud au lieu de 44, et 64 au nord au lieu de 53.

TABLEAU I. — *Taches.*

| Dates extrêmes d'observ. | Nombre d'observations. | Pass. au mér. central. | Latitudes moyennes. S. | N. | Surfaces moyennes réduites. |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Janvier 1916. — 0,00. | | | |
| 1- 7 | 3 | 1,5 | | +22 | 42 |
| 27- 7 | 7 | 2,0 | −7 | | 168 |
| 1- 9 | 5 | 3,3 | | +8 | 18 |
| 29- 7 | 5 | 3,5 | | +15 | 154 |
| 1 | 1 | 5,0 | −28 | | 5 |
| 7-10 | 3 | 6,4 | −19 | | 86 |
| 2- 9 | 4 | 7,0 | −17 | | 63 |
| 10 | 1 | 9,9 | | +35 | 6 |
| 7-15 | 6 | 10,6 | −15 | | 113 |
| 7-17 | 7 | 12,0 | | +11 | 203 |
| 15 | 1 | 13,0 | −15 | | 2 |
| 15-18 | 3 | 13,8 | −20 | | 6 |
| 17-21 | 3 | 15,3 | | +29 | 15 |
| 18 | 1 | 17,3 | | +13 | 7 |
| 18-22 | 3 | 17,7 | | +24 | 45 |
| 14-15 | 2 | 18,9 | | +13 | 6 |
| 21 | 1 | 23,8 | −20 | | 9 |
| 18-22 | 3 | 24,0 | | +8 | 21 |
| 24-27 | 3 | 27,1 | | +15 | 147 |
| 22- 2 | 5 | 28,0 | | +20 | 100 |
| 27- 3 | 3 | 29,0 | −21 | | 117 |
| 26-27 | 2 | 29,5 | | +17 | 5 |
| 24- 3 | 4 | 30,6 | | +32 | 19 |
| 3 | 1 | 31,3 | | +16 | 50 |
| | 17 j. | | −19°,1 | +18°,5 | |
| | | Février. — 0,00. | | | |
| 27 | 1 | 1,0 | | +22 | 11 |
| 27- 2 | 2 | 1,4 | −10 | | 5 |
| 2 | 1 | 2,7 | −14 | | 8 |
| 2- 9 | 5 | 3,6 | −14 | | 242 |
| 6-11 | 5 | 6,3 | −19 | | 528 |
| 6 | 1 | 7,7 | | +37 | 6 |
| 2-13 | 8 | 8,4 | | +10 | 73 |
| 6-14 | 7 | 9,5 | | +19 | 26 |
| 7-16 | 7 | 10,9 | | +11 | 117 |
| 9-17 | 7 | 11,6 | | +16 | 173 |
| 9-14 | 3 | 12,3 | | +26 | 5 |
| 9-16 | 4 | 12,5 | | +15 | 30 |
| | | Février (suite). | | | |
| 9-21 | 7 | 15,8 | | +17 | 51 |
| 11-21 | 7 | 16,2 | | +10 | 62 |
| 13 | 1 | 17,0 | −27 | | 21 |
| 16-23 | 4 | 19,0 | −18 | | 105 |
| 26 | 1 | 25,1 | −22 | | 9 |
| 20-21 | 2 | 25,6 | −11 | | 26 |
| 25-26 | 2 | 26,0 | −20 | | 7 |
| | 18 j. | | −17°,2 | +18°,3 | |
| | | Mars. — 0,00. | | | |
| 6- 7 | 2 | 1,2 | −22 | | 177 |
| 25- 4 | 7 | 1,6 | | +12 | 96 |
| 26- 9 | 10 | 3,7 | −17 | | 122 |
| 6 | 1 | 6,2 | | +22 | 13 |
| 1-13 | 10 | 7,9 | −18 | | 370 |
| 2-13 | 9 | 8,0 | | +19 | 357 |
| 10 | 1 | 8,8 | −13 | | 5 |
| 7 | 1 | 9,7 | | +17 | 8 |
| 6-12 | 6 | 10,6 | | +13 | 19 |
| 7-13 | 6 | 11,4 | | +18 | 12 |
| 15 | 1 | 12,1 | −13 | | 12 |
| 12 | 1 | 13,1 | | +12 | 112 |
| 16-17 | 2 | 13,1 | −13 | | 4 |
| 10-19 | 8 | 14,3 | | +36 | 25 |
| 16-20 | 5 | 17,0 | −23 | | 17 |
| 17-19 | 3 | 18,1 | | +10 | 11 |
| 20 | 1 | 18,3 | −18 | | 18 |
| 21-23 | 3 | 18,7 | −12 | | 16 |
| 17-19 | 3 | 19,3 | | +17 | 5 |
| 23 | 1 | 21,7 | | +13 | 9 |
| 21-25 | 4 | 22,4 | | +17 | 11 |
| 17-27 | 11 | 22,7 | −19 | | 39 |
| 18-21 | 2 | 23,1 | −32 | | 6 |
| 20-31 | 11 | 26,3 | | +15 | 382 |
| 21-22 | 2 | 27,9 | −22 | | 8 |
| 3- 4 | 2 | 29,8 | | +20 | 138 |
| 24- 4 | 10 | 30,5 | −29 | | 28 |
| 26- 4 | 9 | 31,4 | | +20 | 252 |
| | 26 j. | | −19°,3 | +17°,4 | |

TABLEAU II. — *Distribution des taches en latitude.*

| 1916. | Sud. 90°. 40°. | 40°. 30°. | 30°. 20°. | 20°. 10°. | 10°. 0°. | Somme. | Nord. Somme. | 0°. 10°. | 10°. 20°. | 20°. 30°. | 30°. 40°. | 40°. 90°. | Totaux mensuels. | Surfaces totales réduites. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Janvier...... | » | » | 2 | 7 | » | 9 | 15 | 2 | 8 | 3 | 2 | » | 24 | 1407 |
| Février...... | » | » | 2 | 6 | 1 | 9 | 10 | 2 | 5 | 2 | 1 | » | 19 | 1505 |
| Mars........ | » | 1 | 4 | 8 | » | 13 | 15 | 1 | 12 | 1 | 1 | » | 28 | 2272 |
| Totaux.... | » | 1 | 8 | 21 | 1 | 31 | 40 | 5 | 25 | 6 | 4 | » | 71 | 5184 |

TABLEAU III. — *Distribution des facules en latitude.*

| 1916. | Sud. 90°. 40°. | 40°. 30°. | 30°. 20°. | 20°. 10°. | 10°. 0°. | Somme. | Nord. Somme. | 0°. 10°. | 10°. 20°. | 20°. 30°. | 30°. 40°. | 40°. 90°. | Totaux mensuels. | Surfaces totales réduites. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Janvier...... | 2 | 2 | 4 | 5 | » | 13 | 27 | 2 | 9 | 9 | 6 | 1 | 40 | 37,9 |
| Février...... | » | 1 | 5 | 8 | » | 14 | 16 | 2 | 7 | 6 | 1 | » | 30 | 24,9 |
| Mars........ | » | 1 | 8 | 12 | 1 | 22 | 21 | 1 | 13 | 5 | 1 | 1 | 43 | 40,1 |
| Totaux.... | 2 | 4 | 17 | 25 | 1 | 49 | 64 | 5 | 29 | 20 | 8 | 2 | 113 | 102,9 |

## HYDRAULIQUE. — *Sur les modifications des coups de bélier dans les conduites d'épaisseur et de diamètre variables.* Note de M. **Denis Eydoux**.

Dans des expériences récentes ([1]), M. Camichel a montré que, dans une conduite entièrement purgée d'air et d'épaisseur et de diamètre constants, c'est-à-dire où la vitesse de propagation de l'onde est constante, le coup de bélier provenant d'une fermeture brusque se transmet intégralement le long de la conduite conformément aux formules théoriques.

J'ai pensé à examiner la même question en étudiant le cas d'une conduite formée de tronçons d'épaisseurs et de diamètres différents, comme celles qu'on utilise généralement dans l'industrie.

I. J'ai cherché, dans le cas d'une fermeture brusque envoyant une surpression d'une extrémité à l'autre de la conduite, à me rendre compte de ce qui se passe en un point critique où la vitesse de propagation $a$ varie brusquement pour l'un des deux motifs précités.

Considérons le point critique où $a$ varie brusquement; soient $y_1$ la pression en aval de ce point, $y_2$ la pression en amont.

Quand le front de l'onde passe au point critique, il faut écrire à cet instant l'égalité

([1]) *Comptes rendus*, t. 163, 1916, p. 150.

des pressions $y_1 = y_2$ et l'équation de continuité $S_1 v_1 = S_2 v_2$. Or, à ce moment, l'onde se réfléchit partiellement et donne lieu dans le premier tronçon à une onde se propageant en sens inverse de la première. Les équations à appliquer (¹) sont, en désignant par $f_1$ le coup de bélier avant que l'onde arrive au point critique,

$$y_1 = y_0 + f_1 - f'_1, \qquad y_2 = y_0 + f_2,$$
$$v_1 = v_{01} - \frac{g}{a_1}(f_1 + f'_1), \qquad v_2 = v_{02} - \frac{g}{a_2} f_2.$$

On en tire, en désignant par $\alpha$ le rapport $\frac{a}{S}$,

$$f_2 = f_1\left(1 - \frac{\alpha_1 - \alpha_2}{\alpha_1 + \alpha_2}\right), \qquad f'_1 = f_1 \frac{\alpha_1 - \alpha_2}{\alpha_1 + \alpha_2}.$$

Si $\alpha_1 > \alpha_2$, l'onde qui passe est plus faible et une partie est réfléchie avec changement de signe au point critique et vient diminuer la surpression dans le premier tronçon qui fonctionne ainsi comme un tuyau partiellement ouvert à l'extrémité. Si $\alpha_1 < \alpha_2$, l'onde qui passe est augmentée et une onde réfléchie sans changement de signe vient renforcer la surpression dans le premier tronçon, qui fonctionne comme un tuyau partiellement fermé à l'extrémité.

II. Supposons une conduite présentant une partie inférieure de caractéristique $\alpha_1$ suivie d'une partie indéfinie de caractéristique $\alpha_2$.

Envoyons un coup de bélier, une compression par exemple; sur le point critique, le coup se réfléchit partiellement. Il passe $f_2 = f_1\left(1 - \frac{\alpha_1 - \alpha_2}{\alpha_1 + \alpha_2}\right)$. Le coup $-f'_1 = f_1 \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{\alpha_2 + \alpha_1}$ revient en arrière, se réfléchit sur le fond sans changement de signe et revient au point critique où le phénomène recommence. On aura donc, dans le tronçon indéfini, des ondes se suivant et se superposant de telle façon que la surpression finale tend vers la valeur

$$F = f_1\left[1 - \frac{\alpha_1 - \alpha_2}{\alpha_1 + \alpha_2}\right]\left[1 + \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{\alpha_2 + \alpha_1} + \left(\frac{\alpha_2 - \alpha_1}{\alpha_2 + \alpha_1}\right)^2 + \ldots\right] = f_1 \frac{\alpha_2}{\alpha_1}.$$

C'est le coup de bélier qu'on aurait eu si toute la conduite avait été constituée comme la partie supérieure; on le vérifie facilement en posant, suivant la formule connue :

$$f_1 = \frac{a_1 v_{01}}{g}.$$

---

(¹) Je viens d'apprendre que, dans un rapport qui doit paraître dans le deuxième volume du Congrès de la Houille blanche de 1914, M. le comte de Sparre a appliqué les mêmes équations, dans un but différent, à l'étude du coup de bélier dans une conduite formée de deux tronçons pour lesquels $a$ est le même.

On trouve alors

$$F = \frac{a_2 v_{02}}{g}.$$

On arrive à cette valeur par oscillations successives, le plus grand écart étant

$$f_1\left(1 - \frac{\alpha_1 - \alpha_2}{\alpha_1 + \alpha_2}\right) - f_1 \frac{\alpha_2}{\alpha_1} = f_1 \frac{\alpha_2}{\alpha_1} \frac{\alpha_1 - \alpha_2}{\alpha_1 + \alpha_2}.$$

Dans le bas, la pression prend successivement les valeurs $y_0 + f_1$, puis $y_0 + f_1 - f_1'$ après l'arrivée de l'onde au point critique, $y_0 + f_1 - 2f_1'$ après réflexion sur le fond... et à la limite

$$y_0 + f_1 - 2f_1' + 2f_1'' \ldots = y_0 + f_1 + 2f_1 \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{\alpha_2 + \alpha_1} + 2f_1\left(\frac{\alpha_2 - \alpha_1}{\alpha_2 + \alpha_1}\right)^2 + \ldots = y_0 + f_1 \frac{\alpha_2}{\alpha_1},$$

c'est-à-dire la même valeur que dans la partie supérieure.

Le coup est donc renforcé dans le bas si $\alpha_2 > \alpha_1$; il est, au contraire, atténué si $\alpha_2 < \alpha_1$.

III. Si l'on a une conduite avec plusieurs points critiques, on voit, d'après ce que nous avons dit précédemment, qu'on aura une série de réflexions partielles des ondes sur les divers points critiques, tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre, avec et sans changement de signe, ce qui produira une sorte de diffusion de l'onde dans la conduite.

Considérons le front de l'onde. Il arrivera à la partie supérieure de la conduite au bout d'un temps $T = \sum \frac{l_i}{a_i}$ et la valeur du coup de bélier, au moment exact où le front de l'onde arrive en haut, sera devenue

$$y - y_0 = f_1 \prod_{i=1}^{i=n-1} \left(1 - \frac{\alpha_i - \alpha_{i+1}}{\alpha_i + \alpha_{i+1}}\right).$$

Cette valeur de la surpression sera d'ailleurs modifiée ensuite par l'arrivée des ondes partiellement réfléchies, avec et sans changement de signe. Si la variation de $\alpha$ est continue et de même sens le long de la conduite, on aura

$$y - y_0 = f_1\left(1 + \int_0^l \frac{d\alpha}{2\alpha}\right) = f_1\left[1 + \frac{1}{2}(\mathrm{L}\alpha_l - \mathrm{L}\alpha_1)\right].$$

Ces formules indiquent la difficulté des recherches dans les conduites industrielles à épaisseurs variables.

Admettons par exemple deux conduites, l'une de $0^{m},81$ de diamètre et dont l'épaisseur variera graduellement de $20^{mm}$ à la base à $7^{mm}$ au sommet (usine de Soulom) et l'autre de $0^{m},56$ de diamètre et d'épaisseur variant de $30^{mm}$ à $5^{mm}$ (usine d'Eget). On a

pour la première

$$a_1 = 1190 \text{ m : sec}, \qquad a_l = 690 \text{ m : sec};$$

le coup de bélier au sommet est

$$\Delta y = f_1[1 + 1,15(\log 960 - \log 1190)] = 0,894 f_1.$$

Pour la deuxième

$$a_1 = 1300 \text{ m : sec}, \qquad a_l = 970 \text{ m : sec}, \qquad \Delta y = 0,854 f_1.$$

Si la variation d'épaisseur, et c'est le cas de la pratique, se produit par changements brusques et non d'une façon continue, la diminution sera encore plus marquée. Si l'on ajoute à cela les effets d'amortissement dus en outre aux renforcements qu'on trouve à chaque joint, comme nous l'indiquons plus loin à propos des Venturis, on voit qu'on arrivera à une diminution très marquée dans le haut de la conduite. Cette particularité, jointe à ce que la surpression dans le haut dure peu (car l'onde de retour sur la surface libre vient l'annuler beaucoup plus rapidement qu'en bas), est de nature à atténuer les graves dangers que fait courir à la partie supérieure d'une conduite la conservation du coup de bélier.

IV. Si, dans une conduite, on a un point critique localisé au cours d'un tronçon d'épaisseur et de diamètre constants (comme un Venturi, par exemple), on passera d'une partie de caractéristique $\alpha_1$ à une partie de caractéristique $\alpha_2$ pour revenir tout de suite à la caractéristique $\alpha_1$.

Le coup de bélier, après ce double passage, sera devenu

$$f_2 = f_1\left[1 - \frac{\alpha_1 - \alpha_2}{\alpha_1 + \alpha_2}\right]\left[1 - \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{\alpha_1 + \alpha_2}\right] = f_1\left[1 - \left(\frac{\alpha_1 - \alpha_2}{\alpha_1 + \alpha_2}\right)^2\right].$$

Le coup réfléchi se composera de deux ondes principales se suivant de très près et réfléchies sur chacune des deux extrémités du point critique

$$f'_1 = f_1 = \frac{\alpha_1 - \alpha_2}{\alpha_1 + \alpha_2} \qquad \varphi'_1 = \int_1 \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{\alpha_2 + \alpha_1}\left[1 - \left(\frac{\alpha_1 - \alpha_2}{\alpha_1 + \alpha_2}\right)^2\right].$$

Prenons le cas du Venturi où $\alpha_2 > \alpha_1$. La première onde $f'_1$ vient renforcer $f_1$. La deuxième est de sens contraire et inférieure à $f'_1$. La présence du Venturi aura pour résultat de faire apparaître dans la conduite deux tronçons : d'une part, la conduite entière fonctionnant comme un tuyau ouvert à un bout et fermé à l'autre ; d'autre part, la partie située entre l'extrémité aval et le Venturi qui fonctionne comme un tuyau fermé à une extrémité et partiellement fermé à l'autre.

Dans les expériences que M. Camichel et moi avons entreprises en commun à l'usine hydro-électrique de Soulom, nous avons obtenu des graphiques permettant de retrouver ces diverses particularités. Quand on relève le coup de bélier à l'extrémité aval de la conduite, on constate, après un temps $\frac{2l}{a}$ correspondant à la durée de propagation aller et retour jusqu'au Venturi ($l$ désignant la distance de l'extrémité aval au Venturi), la formation d'une pointe correspondant aux deux ondes réfléchies à l'entrée et à la sortie du Venturi. L'expérience a donné une période de $0^s,194$ alors que la période calculée est de $0^s,190$. Il n'est d'ailleurs pas possible de procéder à des mesures sur la hauteur de ces pointes, car, quelle que soit la rapidité de la manœuvre de fermeture, elle est toujours plus longue en pratique que l'intervalle de temps entre les deux ondes, qui est de l'ordre du centième de seconde. Si l'on relève le diagramme immédiatement en aval du Venturi, on constate dès l'origine l'existence de la pointe due à la production immédiate des deux ondes réfléchies et l'on relève plus loin, sur certains diagrammes, plusieurs nouvelles pointes, de moins en moins hautes, dues aux réflexions successives de ces ondes. Sur d'autres relevés, on constate même la présence d'une sinusoïde, rapidement amortie, de période $\frac{2l}{a}$, car la portion de conduite comprise entre le bout aval et le Venturi fonctionne, au point de vue des réflexions de l'onde, comme une conduite fermée aux deux bouts. L'expérience a donné une période de $0^s,195$ au lieu de $0^s,190$.

OPTIQUE. — *L'entraînement des ondes lumineuses et les phénomènes solaires.* Note [1] de M. P. Zeeman, transmise par M. Lippmann.

Par des expériences récentes, résumées dans deux Notes précédentes [2], j'ai pu vérifier l'expression $\varepsilon = 1 - \frac{1}{\mu^2} - \frac{\lambda}{\mu}\frac{d\mu}{d\lambda}$ pour le coefficient d'entraînement. C'est l'expression de Fresnel, complétée par le terme complémentaire $-\frac{\lambda}{\mu}\frac{d\mu}{d\lambda}$ dû à Lorentz. Je démontrerai dans la Note actuelle que la présence du terme complémentaire peut donner lieu à un changement de la propagation des ondes dans un milieu, qui d'ailleurs peut être homogène, si la vitesse n'a pas partout la même valeur.

---

(1) Séance du 4 septembre 1916.

(2) *Comptes rendus*, t. 161, 1915, p. 526, et t. 163, 1916, p. 235.

Considérons un milieu de densité constante et soit $v$ la vitesse du milieu, parallèle à l'axe des $x$ d'un système de coordonnées en repos relativement à l'observateur. Supposons que la vitesse soit une fonction décroissante de la distance $z$ à l'axe des $x$. Une onde plane, se propageant parallèlement à l'axe des $x$, subira une rotation parce que les parties de l'onde dans le voisinage de l'axe seront entraînées plus que les autres parties de l'onde plus éloignées de l'axe.

Dans un temps court $t$, l'angle de rotation (supposé petit) de l'élément de l'onde sera

$$\alpha = \varepsilon \frac{dv}{dz} t, \tag{1}$$

où $\varepsilon$ désigne le coefficient d'entraînement dans le milieu considéré.

En exprimant $t$ par la vitesse de la lumière dans le milieu et par le chemin parcouru $l$, on a

$$\alpha = \frac{\varepsilon l}{\frac{c}{\mu}} \frac{dv}{dz}, \tag{2}$$

$c$ étant la vitesse de la lumière dans le vide et $\mu$ de nouveau l'indice de réfraction.

En général l'angle $\alpha$ est extrêmement petit. Il y a une exception pour les milieux qui jouissent de la dispersion anormale, pour les longueurs d'onde dans le voisinage des raies d'absorption.

Dans la valeur admise pour le coefficient d'entraînement, le terme avec $-\frac{d\mu}{d\lambda}$ devient alors prépondérant. Dans ce cas, on a

$$\alpha = -\frac{\lambda}{\mu} \frac{d\mu}{d\lambda} \frac{l}{\frac{c}{\mu}} \frac{dv}{dz} = -\lambda \frac{d\mu}{d\lambda} \frac{l}{c} \frac{dv}{dz}. \tag{3}$$

Si l'on représente par $i$ l'angle entre la normale à la surface de l'onde et la direction de décroissance maximum de la vitesse, on trouve

$$\alpha = -\lambda \frac{d\mu}{d\lambda} \frac{l}{c} \frac{dv}{dz} \sin i. \tag{4}$$

Cette équation permet la construction du rayon par points successifs, si l'on commence à un point donné dans une direction donnée.

Il paraît intéressant de réunir dans un Tableau quelques données, observées et calculées, qui se rapportent à l'eau, au sulfure de carbone et à la vapeur de sodium. Dans la première colonne, $\lambda$ est donné en U.Å. La

troisième contient $-\frac{d\mu}{d\lambda}$ ($\lambda$ en centimètres). La quatrième colonne donne le coefficient d'entraînement. Les indices de la vapeur de sodium sont déduits de Wood.

*Eau.*

| $\lambda$ en U.Å. | $\mu_{obs}$. | $-\frac{d\mu}{d\lambda}$. | $\varepsilon$. | $-\frac{\lambda}{\mu}\frac{d\mu}{d\lambda}$. |
|---|---|---|---|---|
| 4500 | 1,3393 | 650 | 0,464 | 0,021 |
| 4580 | 1,3388 | 615 | 0,463 | 0,021 |
| 5461 | 1,3346 | 390 | 0,454 | 0,015 |
| 6440 | 1,3314 | 270 | 0,449 | 0,013 |
| 6870 | 1,3308 | 216 | 0,447 | 0,012 |

*Sulfure de carbone.*

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 4358 | 1,6750 | 5000 | 0,774 | 0,130 |
| 5461 | 1,6370 | 1900 | 0,690 | 0,063 |
| 6870 | 1,6160 | 1200 | 0,668 | 0,051 |

*Vapeur de sodium.*

| $\lambda$ en U.E. | $\mu_{obs}$. | $-\frac{d\mu}{d\lambda}$. | $-\frac{\lambda}{\mu}\frac{d\mu}{d\lambda} = \varepsilon$. |
|---|---|---|---|
| 5882 | 0,9908 | | |
| | | $1,3.10^5$ | 7,8 |
| 5885 | 0,9870 | | |
| | | $8,1.10^5$ | 48 |
| 5886,6 | 0,9740 | | |
| | | $17\ .10^5$ | 102 |
| 5888,4 | 0,9443 | | |
| | | $280\ .10^5$ | 2100 |
| 5889,6 | 0,614 | | |

Si l'on se propose de développer quantitativement l'idée qui sert de base aux équations (2) et (3), pour l'appliquer aux phénomènes solaires, on se heurte à la difficulté d'accepter des valeurs probables pour les quantités qui figurent dans les équations.

Dans le voisinage des surfaces de discontinuité, $l\frac{dv}{dz}$ peut prendre des valeurs énormes.

Même avec une densité très faible d'une vapeur métallique il paraît possible que l'entraînement des ondes puisse donner des effets observables.

Cela exigerait de plus amples développements. Le but principal de cette Note est de faire ressortir que, même dans une vapeur métallique homogène, l'*existence simultanée de dispersion et de différences de vitesse* peut courber les rayons qui traversent le milieu.

ACOUSTIQUE. — *Influence du vent sur les conditions d'audition du son.* Note [1] de M. A. Perot, présentée par M. Deslandres.

L'influence du vent sur la transmission du son à faible distance est bien connue; sous le vent d'une source sonore, on entend beaucoup mieux qu'à contre-vent. Les événements récents et notamment l'attaque de Picardie ont rappelé l'attention sur un autre phénomène, l'audition à très grande distance des sons intenses, avec une zone de silence. La continuité du bombardement a permis de fixer définitivement un point intéressant : c'est par les vents de Sud à Ouest, c'est-à-dire *à contre-vent*, que le bruit du canon est perçu dans des localités éloignées d'environ $120^{km}$ de l'endroit de l'émission; par vent du Nord ou de l'Est, le bruit y est rigoureusement nul.

Le phénomène peut s'expliquer si l'on admet que le vent existe dans une zone assez épaisse de l'atmosphère, et qu'au-dessus règne, soit le calme, soit un vent de sens contraire, ou même un vent de même sens, mais moins fort. Une explication analogue s'applique au phénomène inverse qui se produit à contre-distance :

1° Une source sonore, fixe, placée dans un milieu en repos, émet des ondes sonores qui se propagent avec une vitesse constante dans toutes les directions, indépendante d'ailleurs de la pression, variable seulement avec la température, mais dans de faibles proportions.

S'il existe un vent constant, d'une vitesse de $10^{m}$ par seconde, par exemple, la vitesse du son, pour un observateur fixe, sera de $340^{m}$ dans la direction du vent, de $320^{m}$ dans la direction contraire; c'est-à-dire que dans la direction du vent, on pourra considérer la réfringence acoustique du milieu comme d'autant plus faible que le vent est plus fort, croissant par suite, à mesure qu'on s'élèvera dans l'atmosphère à partir de la région où le vent diminue, et comme décroissant, pour la direction contraire. Dans cette dernière direction, c'est-à-dire à contre-vent, la variation de cette réfringence est donc inverse de celle de la réfringence optique dans le cas du mirage [2], et les rayons sonores émis sous un certain angle au-dessus de l'horizon formeront une caustique qui pourra passer par le point où se trouve l'observateur (*fig.* 1). Comme la zone où est produit le son est étendue, on rencontrera des caustiques dans toute une région; entre cette région et le lieu de l'émission on aura une zone de silence. Sur une caustique

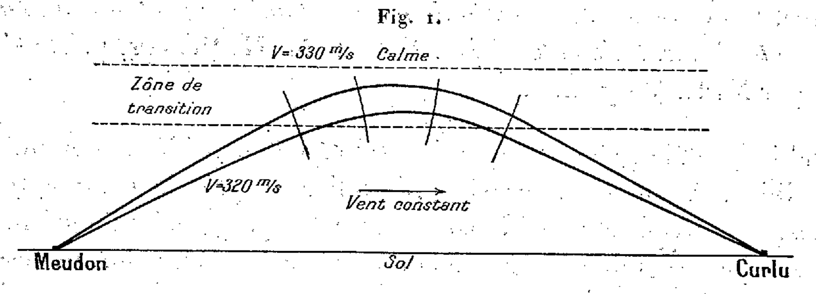
---

(1) Séance du 21 août 1916.

(2) Cf. Macé de Lépinay et A. Perot, *Étude du mirage* (*Annales de Chimie et de Physique*, 6e série, t. 27, p. 94).

le son aura d'ailleurs une intensité beaucoup plus grande que si la transmission était normale.

Fig. 1.

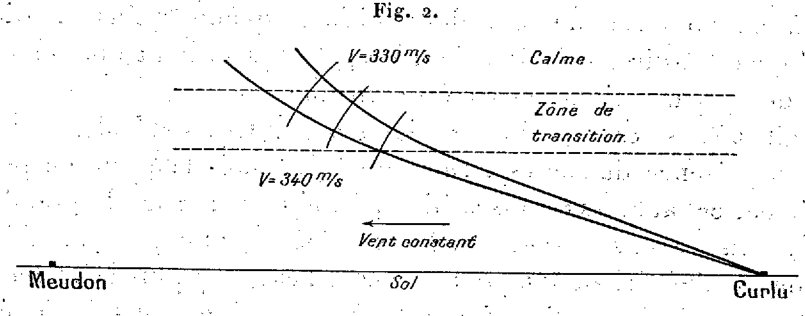



Il semble du reste résulter d'expériences sur lesquelles je ne puis m'étendre, que le son n'arrive pas à l'oreille tangentiellement au sol, mais sous un angle très notable, ce qui correspond bien à un cas de mirage.

Les conditions atmosphériques, vitesse du vent, épaisseur de la couche où il souffle, ferait d'ailleurs varier l'étendue de la zone de silence, et les conditions de l'audition.

Sous le vent il se produira au contraire une dispersion des rayons sonores (*fig.* 2), et par suite aucun effet de mirage n'aura lieu ; le son ne parviendra pas à grande distance.

Fig. 2.




2° D'autre part, dans le cas d'un bruit terrestre faible, la vitesse du vent est diminuée à la surface du sol par les obstacles naturels et le frottement, de sorte qu'elle va en augmentant quand on s'écarte de celui-ci. On est donc dans des conditions inverses de celles de l'audition du son du canon à grande distance. Dans le sens du vent les rayons sonores seront rabattus vers le sol, tandis que dans l'autre sens ils s'en écarteront. Il résulte de là que l'énergie reçue par un observateur placé sous le vent sera accrue et par suite le bruit plus intense que si l'observateur est à contre-vent.

Il serait intéressant de vérifier qu'à grande distance du sol l'audition est presque indépendante du sens du vent; des expériences en ballon captif pourront peut-être être faites.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la destruction totale des pentoses au cours de la fermentation alcoolique.* Note de M. H. PELLET, présentée par M. L. Maquenne.

L'arabinose et le xylose sont universellement considérés comme infermentescibles. Ayant eu l'occasion d'étudier de près la composition des mélasses, nous avons cherché à baser sur cette propriété une méthode de dosage des pentoses dans leurs mélanges avec les sucres fermentescibles, saccharose, raffinose, glucose, lévulose ou mannose.

Nous avons d'abord procédé à des essais préliminaires, en étudiant l'action de différentes levures sur des quantités connues d'arabinose ou de xylose, mélangés ou non à du saccharose ou de la mélasse, de façon à voir si après la fermentation on retrouve bien les pentoses ajoutés.

En opérant dans les conditions ordinaires indiquées pour obtenir une bonne fermentation des mélasses de betteraves, c'est-à-dire avec une solution renfermant par litre $200^g$ de mélasse ($90^g$ à $100^g$ de saccharose) et $5^g$ à $10^g$ de levure, additionnée de $1^g$ à $2^g$ d'arabinose ou de xylose et maintenue à la température de 28°-32°, il y a toujours une perte de pentoses, s'élevant de 10 à 20 pour 100 de leur dose initiale, quand la fermentation est terminée, c'est-à-dire après 48 à 60 heures, temps au bout duquel le dégagement de gaz carbonique cesse d'être sensible.

Des faits analogues ont déjà été signalés par Cross et Tollens [1], également en présence de sucres fermentescibles, mais la perte de pentoses observée par ces auteurs est assez faible, à peine de l'ordre de grandeur de celle que nous venons de signaler. Nous avons reconnu qu'en modifiant les conditions de l'expérience on peut la rendre beaucoup plus considérable et même totale. C'est ce qui arrive notamment si l'on poursuit l'opération ci-dessus décrite, sur le même liquide toujours maintenu à 28°-32°, en y ajoutant chaque jour $5^g$ de levure neuve, haute ou basse; alors on constate que les pentoses restants continuent à diminuer, si bien qu'après 3 ou 4 jours il n'en reste plus trace.

La même chose a lieu, c'est-à-dire les pentoses disparaissent aussi complètement, quand on opère de la même façon avec des solutions d'arabinose ou de xylose purs, additionnées seulement des matières nutritives, minérales et azotées, qui sont nécessaires pour entretenir la vitalité de la levure.

---

(1) *Chem. Centralblatt*, t. 1, 1911, p. 834; *Bull. Assoc. chim. de sucrerie*, 1911-1912, p. 710.

Il est donc impossible, dans ces conditions, d'effectuer un dosage, même approximatif, des pentoses préexistants. Mais, comme on vient de le voir, l'attaque graduelle de ces composés est à la fois fonction du temps et de la quantité de levure présente; il en résulte qu'en modifiant la composition du mélange indiqué plus haut, ainsi que la durée de l'expérience, on doit pouvoir changer l'allure du phénomène. C'est en effet ce qui a lieu, la vitesse de fermentation des hexoses croissant beaucoup plus vite avec la quantité de levure mise en œuvre que celle de destruction des pentoses.

En employant les proportions indiquées il y a déjà longtemps par M. Nolhant, à savoir : 50$^g$ de levure pressée ordinaire par litre de solution contenant 100$^g$ de mélasse, soit 45$^g$ à 50$^g$ de sucres fermentescibles, la fermentation du sucre est ordinairement complète après 24 heures, et alors les pentoses, s'il y en avait, se retrouvent en totalité dans la vinasse résiduelle.

Il en est de même quand on applique le même mode opératoire à des solutions de saccharose pur ou additionné de pentoses : si le sucre est pur il ne reste pas trace de matières réductrices après 24 heures; s'il a été mélangé d'arabinose ou de xylose, le résidu réduit comme réduiraient l'arabinose ou le xylose employés s'ils étaient seuls. La levure, même à haute dose, ne les attaque donc pas pendant ce temps qui pourtant suffit à la fermentation totale du sucre ordinaire; ce n'est que plus tard, si l'on prolonge l'expérience, qu'on les voit diminuer à leur tour peu à peu, jusqu'à disparaître d'une manière complète.

A ce sujet nous ferons remarquer que lorsqu'on emploie pour doser les pentoses par réduction notre méthode de chauffage à 63°-65° (température du liquide intérieur), méthode à laquelle M. Maquenne a fait allusion dans son remarquable travail sur le dosage des réducteurs en présence d'un excès de saccharose (¹), il ne suffit pas, comme lorsqu'on opère sur du sucre interverti ou ses composants, de chauffer 10 minutes. Les pentoses réduisant beaucoup moins vite que les hexoses, à cette température, la chauffe doit alors être prolongée pendant une demi-heure.

A l'appui de ce que nous venons de dire nous citerons les exemples suivants :

1° Solution d'arabinose pur à 2$^g$ par litre. Après 24 heures de digestion avec 50$^g$ de levure on retrouve exactement les 2$^g$ de sucre employé; après 48 heures le liquide n'en renferme plus que 1$^g$,05; après 72 heures l'arabinose a complètement disparu.

2° Solution de mélasse additionnée de 1$^g$ d'arabinose, comparée à une solution également concentrée de mélasse seule; 50$^g$ de levure comme ci-dessus. Après 24 heures,

(¹) *Comptes rendus*, t. 162, 1916, p. 145.

la solution sans arabinose ne renferme plus qu'une très faible quantité d'inverti qui, défalquée de la somme des réducteurs trouvés dans le liquide à arabinose, donne pour ce dernier 1g,024, c'est-à-dire à très peu près le chiffre théorique; après 36 heures la perte en arabinose est de 37,5 pour 100 et après 48 heures la solution ne réduit plus : le pentose a été complètement détruit.

Cette dernière expérience est relative à la mélasse de betteraves; elle montre qu'il faut attendre 24 heures pour décomposer les sucres fermentescibles sans toucher aux pentoses. Avec la mélasse de cannes, qui fermente plus rapidement que celle de betteraves, les choses ne se passent plus tout à fait de la même manière : au bout de 24 heures il y a déjà une perte sensible de pentoses. Il faut dans ce cas arrêter l'opération après 6 ou 12 heures, au plus, alors qu'il y encore dans le liquide un peu de sucre non fermenté.

Cette observation est importante, car elle montre que, lorsqu'on veut rechercher les pentoses en présence d'une quantité notable de sucre ordinaire par voie de fermentation, il ne faut pas trop prolonger celle-ci, sous peine de décomposer une partie plus ou moins grande du pentose cherché. La vitesse de cette décomposition est d'ailleurs variable avec la composition du liquide et notamment avec sa richesse en sucres fermentescibles.

Grâce à cette nouvelle méthode de recherche, nous avons pu nous assurer que la mélasse de betteraves ne contient pas de pentoses en proportion appréciable et que la mélasse de cannes renferme un principe réducteur certainement différent de l'arabinose et du xylose, car les levures n'ont absolument aucune action sur lui, quelles que soient la quantité de ferment employé et la durée de son action. Il s'agit sans doute là du *glutose*, découvert par Alberda van Ekenstein et déjà signalé par ce savant dans les dites mélasses.

Quels sont maintenant les produits de cette pseudo-fermentation des pentoses? Ces corps sont-ils purement et simplement utilisés par la levure à sa nutrition, comme le pensent Cross et Tollens, ou sont-ils transformés par elle en produits non réducteurs plus simples? C'est ce que de nouveaux essais pourront seuls nous apprendre.

Actuellement introuvables dans le commerce, l'arabinose et le xylose que nous avons employés dans ces recherches ont été mis gracieusement à notre disposition par M. Maquenne; nous sommes heureux de pouvoir lui en exprimer ici nos plus sincères remercîments.

La séance est levée à 15 heures trois quarts.

G. D.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 18 SEPTEMBRE 1916.

PRÉSIDENCE DE M. CAMILLE JORDAN.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

### DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Après le dépouillement de la Correspondance, M. le **Président** s'exprime en ces termes :

J'ai le triste devoir d'annoncer à l'Académie la mort de notre éminent Confrère M. **Pierre Duhem**, décédé subitement à Cabrespine (Aude), le 14 septembre 1916. C'est une perte cruelle venant s'ajouter à tant d'autres.

M. *Duhem* (*Pierre-Maurice-Marie*) était né à Paris, le 10 juin 1861. Ancien chef de sa promotion à l'École Normale supérieure, Agrégé des Sciences physiques, Docteur ès Sciences mathématiques, il professait depuis de longues années la Physique théorique à l'Université de Bordeaux.

Correspondant depuis longtemps de notre Académie, dans la Section de Mécanique, il fut enfin élu Membre non résident en 1913.

L'œuvre qu'il laisse derrière lui est si vaste qu'il serait impossible d'en donner aujourd'hui une analyse détaillée. Je dois donc me borner à signaler la tendance générale de ses travaux.

On peut la caractériser d'un mot. Il s'est proposé comme but de travailler à la constitution d'une science qui réunisse les principes de la Mécanique avec ceux de la Thermodynamique. Cette science, que l'on pourrait appeler *Thermodynamique générale* ou *Énergétique*, réunirait sous des lois communes l'étude des mouvements locaux des corps ou Mécanique proprement dite, celle de leurs changements d'état physique ou chimique ou Mécanique physique, enfin celle des phénomènes électriques et du magnétisme.

Deux Volumes intéressants formant un *Traité d'Énergétique*, publiés par M. Duhem en 1911, sont consacrés à établir à la fois avec généralité et précision les principes de la nouvelle science. L'auteur y passe en revue : 1° la Statique, qu'il fonde sur l'emploi du théorème de Carnot et sur la notion de transformation réversible qu'il a convenablement précisée; 2° la Dynamique générale, où il complète le principe de d'Alembert en adjoignant aux actions d'inertie invoquées par ce principe les actions de viscosité, fonctions de l'état du système et des vitesses avec lesquelles se modifient ses diverses parties; 3° la Mécanique proprement dite, où il étudie successivement les fluides et les milieux élastiques; 4° la Mécanique chimique, où il reprend et met en lumière l'œuvre de Gibbs, qui avait si admirablement ordonné la théorie des changements d'état physique et chimique. Il reprend la célèbre loi des phases qui a été dans ces derniers temps l'objet de tant de travaux.

Bien d'autres sujets ont été l'objet des études de M. Duhem; l'équilibre et le mouvement des fluides mélangés, ou des corps flottants; l'étude des faux équilibres chimiques; celle des modifications permanentes et de l'hystérésis, de l'électrostatique et du magnétisme, de l'optique, etc.

Tous ces travaux tendent à un même but : créer un système de forme mathématique où se trouvent résumées et classées les lois que l'expérience constate. Aucun d'eux ne cherche à déduire *a priori* les phénomènes naturels d'hypothèses sur la constitution de la matière et de ses mouvements. Il préférait se tenir sur le terrain des faits bien observés. Le désir de suivre l'évolution de ces théories au cours des âges l'a toutefois amené à des études de logique et d'histoire. A deux Volumes sur les Origines de la Statique, à un autre sur l'antique théorie du Mixte a succédé un grand Ouvrage sur l'Histoire des théories astronomiques jusqu'à Copernic. Il devait former 10 Volumes dont la publication, subventionnée par l'Académie, se poursuivait avec une rapidité que la guerre n'avait pas interrompue. Dans les quatre Volumes déjà parus, on ne sait ce qu'on doit le plus admirer, de la vaste érudition de l'auteur ou de son immense labeur. Le rôle glorieux joué par l'Université de Paris pendant le moyen âge y est mis en pleine lumière.

Je lève la séance en signe de deuil.

MINÉRALOGIE. — *Les syénites à riebeckite d'Alter Pedroso (Portugal), leurs formes mésocrates (lusitanites) et leur transformation en leptynites et en gneiss.* Note [1] de M. A. LACROIX.

Mes recherches sur les syénites et les granites à riebeckite de Madagascar m'ont amené à les comparer avec les roches analogues des divers gisements où elles sont connues, et c'est ainsi que j'ai été conduit à m'occuper de la petite région portugaise dont les roches, remarquables à divers points de vue, font l'objet de cette Note.

La Carte géologique du Portugal [2] porte, dans la province d'Alemtejo, un massif de gabbro [diorite] qui se développe au milieu du Cambrien, au sud-est d'Alter do Chão. En réalité, la constitution de ce massif n'est pas aussi simple; en effet, dans sa partie nord, autour d'Alter Pedroso, il est traversé par une masse grossièrement circulaire de $2^{km}$ de diamètre formée par des roches syénitiques, très nettement postérieures, qui en renferment des lambeaux; l'exploration complète de ce district reste à faire, elle est rendue difficile par sa nature boisée.

Deux Notes ont été publiées sur les roches qui m'occupent; en 1902, M. V. de Sousa Brandão a décrit [3] un échantillon faisant partie de la collection du Service géologique du Portugal et l'a considéré comme une granulite (au sens allemand) alcaline à riebeckite et ægyrine à structure cataclastique; il l'a comparée au gneiss alcalin connu plus à l'Est, à Cevadaes, près Campo Maior. Peu après, le même savant a décrit [4] les propriétés du zircon et surtout de la riebeckite se trouvant en très gros cristaux dans une pegmatite de la même localité.

Je dois la riche collection que j'ai étudiée à mes collègues de la Faculté des Sciences de Lisbonne. Elle consiste en roches très variées d'aspect, mais présentant toutes la commune particularité d'être constituées par les mêmes minéraux : microcline et albite (avec parfois un peu de quartz) pour les éléments blancs, riebeckite dominante et ægyrine pour les éléments colorés; un peu de zircon, de biotite, d'apatite, de fluorine (dans la pegma-

---

(1) Séance du 4 septembre 1916.

(2) *Carte géologique du Portugal*, par Delgado et Choffat. Lisbonne, 1899.

(3) *Neues Jahrb. f. Miner. Centralbl.*, 1902, p. 49.

(4) *Sur un gisement remarquable de riebeckite et le zircon qui l'accompagne*. Lisbonne, 1903.

tite) peuvent compliquer cette composition. Les deux principaux groupes de minéraux varient dans des proportions considérables. Il existe des types hololeucocrates, renfermant moins de 5 pour 100 d'éléments colorés; la plus grande partie n'en contient que de 10 à 15 pour 100, parfois il en existe un peu plus; enfin, il faut signaler des types mésocrates dans lesquels la teneur en riebeckite et ægyrine oscille entre 50 et 60 pour 100. Les syénites sont à grain moyen ou à grain fin, mais les pegmatites, généralement très riches en riebeckite, sont à énormes éléments; leurs cristaux d'amphibole peuvent dépasser 40$^{cm}$ de longueur; comme ceux des granites alcalins de Madagascar, ils sont souvent implantés d'une façon régulière, perpendiculairement aux parois des masses lenticulaires constituées par cette pegmatite.

Ces syénites ne sont pas seulement intéressantes par leur composition minéralogique; elles présentent aussi des particularités structurelles remarquables; aucune de celles qui possèdent une structure primaire reconnaissable n'est dépourvue de traces d'actions mécaniques : torsion des feldspaths, friction sur leurs bords et le long des fentes qui les ont morcelés en petits fragments plus ou moins déviés de leur position originelle. La structure cataclastique est généralement accompagnée de recristallisation des mêmes minéraux avec structure granoblastique et c'est ainsi que, de proche en proche, les roches à grain moyen et à gros éléments se transforment en types à grain fin : les variétés hololeucocrates et leucocrates prennent alors un aspect saccharoïde, blanc de lait ou rosé tacheté de noir bleu ou de vert. La pegmatite [1] est parsemée de veinules ou de taches possédant cette même texture et ayant la même origine. Peu à peu, et souvent sans que l'aspect extérieur ait changé, la totalité des minéraux écrasés a recristallisé sous forme de petits grains : les feldspaths se distinguent alors des mêmes minéraux originels en ce que l'albite n'est pas maclée ou présente des macles larges et peu nombreuses au lieu de macles fines et répétées; l'orthose semble associée au microcline, il n'y a plus de microperthite. Quant aux minéraux colorés, ils présentent les mêmes caractères que dans la syénite normale; seulement les débris des grands cristaux de riebeckite sont parfois entourés et traversés par de petits grains d'ægyrine et de magnétite; c'est une confirmation de ce fait, si frappant dans les gra-

---

[1] Les feldspaths de cette pegmatite syénitique constituent localement à l'état normal ces associations flabelliformes, qui sont si fréquentes dans l'albite des pegmatites du Limousin et dans les microperthites d'albite et de microcline des pegmatites très feldspathiques des syénites néphéliniques de l'île de Rouma (archipel de Los).

nites alcalins de Madagascar, qu'à l'inverse de ce qui se passe pour les pyroxènes et amphiboles calco-magnésiens, dans la série des pyroxènes et amphiboles sodiques, c'est le pyroxène qui est la forme stable dans les roches transformées.

Enfin, très fréquemment, dans les roches modifiées ou en voie de transformation, l'ægyrine, au lieu d'être disséminée régulièrement, forme des cristaux à faces prismatiques nettes, très allongés suivant l'axe vertical, pouvant mesurer plus de 1$^{cm}$ et possédant une couleur vert pâle parce qu'ils enveloppent pœcilitiquement un nombre considérable de grains de feldspaths. Ils sont certainement de formation postérieure aux actions mécaniques, car leur forme n'est jamais altérée.

Ces roches à grain fin, entièrement recristallisées, doivent être appelées des *leptynites syénitiques* quand elles sont très pauvres en minéraux colorés, ou des *gneiss syénitiques à riebeckite* dans le cas contraire; ces éléments colorés sont souvent alignés, déterminant ainsi, même à l'œil nu, une texture gneissique des plus nette qui contraste avec la texture syénitique des roches originelles. A égalité de teneur en riebeckite, les types gneissiques sont plus foncés que les syénitiques, par suite de la répartition plus égale de l'amphibole d'un noir bleuâtre.

Ces roches d'Alter Pedroso offrent l'un des plus remarquables exemples qu'on puisse trouver de la transformation progressive d'une roche éruptive en un schiste cristallin par recristallisation et par l'intermédiaire de types à structure cataclastique. J'ai pu suivre ce même phénomène à Madagascar dans toutes ses étapes [1] et aux dépens de divers types pétrographiques; les nombreux stades intermédiaires constatés permettent de démontrer, comme à Alter Pedroso, que les gneiss à structure granulitique (granoblastique) qui constituent une partie très importante de l'île ne sont autre chose que des granites déformés mécaniquement, puis entièrement recristallisés, *sans changement de composition chimique*.

Les analyses suivantes donnent la composition de ces différentes roches, ordonnées par quantité croissante d'éléments colorés; elles ont été faites par M. Raoult :

---

[1] L'intérêt de Madagascar à ce point de vue réside dans ce qu'il y existe des régions (notamment sur le bord du Bongo Lava) où le phénomène cataclastique existe seul, d'autres où l'on peut suivre les recristallisations progressives; d'autres enfin (région de Tananarive) où il n'existe généralement plus trace de la structure originelle ni de phénomènes cataclastiques.

*a*, type hololeucocrate, I.5.1.4; *b*, type hololeucocrate avec cristaux de riebeckite clairsemés et quelques grands cristaux d'ægyrine, I'.5.1'.4; *c*, type très déformé mécaniquement, finement grenu, assez riche en riebeckite, I(II).5.1.4; *d*. type mésocrate à gros grains, facies syénitique, III.5.1.4; *e*, type mésocrate à grain fin, III.5(6).1.4.

| | *a.* | *b.* | *c.* | *d.* | *e.* |
|---|---|---|---|---|---|
| $SiO^2$ | 65,84 | 64,06 | 63,46 | 56,94 | 55,60 |
| $Al^2O^3$ | 18,35 | 17,57 | 16,95 | 11,12 | 10,56 |
| $Fe^2O^3$ | 1,29 | 2,71 | 3,61 | 7,93 | 7,53 |
| FeO | 1,31 | 3,24 | 3,98 | 11,51 | 13,91 |
| MgO | 0,18 | 0,11 | 0,07 | 0,08 | 0,41 |
| CaO | 0,54 | 0,84 | 0,80 | 1,80 | 1,06 |
| $Na^2O$ | 8,39 | 7,06 | 7,34 | 6,35 | 7,23 |
| $K^2O$ | 3,79 | 4,21 | 3,54 | 2,85 | 2,86 |
| $TiO^2$ | 0,07 | traces | traces | traces | 0,46 |
| $P^2O^5$ | 0,08 | 0,06 | 0,06 | 0,23 | traces |
| $H^2O$ à 105° | traces | 0,04 | 0,06 | 0,14 | 0,12 |
| » au rouge | 0,32 | 0,35 | 0,19 | 0,98 | 0,24 |
| | 100,19 | 100,25 | 100,06 | 99,93 | 99,98 |

Cette série est remarquablement homogène; la haute teneur en alcalis, avec prédominance de la soude, subit de faibles variations; la teneur en chaux et en magnésie est extrêmement faible. Par contre, le fer croît rapidement en même temps que décroissent la silice (¹) et l'alumine. La roche *a* est une aplite syénitique, sa composition chimique correspond à celle de la *lestiwarite* de Norvège; les types *b* et *c* peuvent être comparés, au point de vue chimique, à des *sölvsbergites* particulièrement pauvres en chaux et en magnésie; mais les termes les plus remarquables sont les mésocrates. Dans les magmas syénitiques actuellement connus, toutes les fois qu'une différenciation basique a déterminé la production d'une grande quantité de minéraux colorés, ceux-ci sont plus ou moins calco-magnésiens; la chaux et la magnésie croissent en même temps que le fer, il en résulte que les syénites mésocrates ou mélanocrates, telles que les shonkinites, renferment toujours des amphiboles et des pyroxènes calco-magnésiens pouvant comporter une proportion notable d'anorthite potentielle. Rien de semblable n'a lieu dans nos roches, qui constituent le premier exemple de syénites à riebeckite et ægyrine mésocrates. C'est pour cette raison qu'il est nécessaire de les

(¹) Les roches *a* à *d* renferment de 2 à 4 pour 100 de quartz; *e*, 5 pour 100 de néphéline virtuelle.

désigner sous un nom spécial et je propose celui de *lusitanite* pour rappeler leur pays d'origine. Ce type vient aussi combler un vide dans la classification chimico-minéralogique (III.5.1.4 = lusitanose).

Il y aurait intérêt à fouiller la région où l'on trouverait peut-être des types encore plus riches en amphiboles sodiques, des amphibolites à riebeckite, roches qui ne sont pas encore connues.

Les roches auxquelles on pourrait comparer les lusitanites dans les familles voisines sont pour celles à excès de silice, les granites à ægyrine et riebeckite de Madagascar que j'ai décrits antérieurement, et en particulier les fasibitikites, bien que celles-ci, moins riches en minéraux colorés, contiennent un peu plus de chaux, et aussi la rockallite dans la série purement ægyrinique (¹).

Dans la famille des syénites néphéliniques, deux roches pourraient être aussi parallélisées avec la nôtre. M. Törnebohm a étudié (²) dans les syénites à catapléite de Lakarp, en Suède, des nodules mésocrates riches en ægyrine et en une amphibole alcaline spéciale; il a nommé cette roche *lakarpite*. D'autre part, M. Ussing a décrit récemment (³) sous le nom de *kakortokite* une roche rubanée de Kringlerne près du Kangerdluarsuk Fjord (Groenland) formée de couches alternativement répétées blanches, riches en feldspaths et en néphéline, ou roses, riches en eudialyte et en néphéline et enfin de couches noires dans lesquelles abondent l'arfvedsonite et l'ægyrine. La composition de ces lits foncés (⁴) se rapproche de celle des lusitanites, mais avec une teneur moindre en silice qui entraîne la production d'une importante proportion de néphéline : il existe aussi de l'eudialyte.

En résumé, le gisement d'Alter Pedroso présente une constitution des plus remarquables; il est incontestable que les diverses roches qui s'y rencontrent sont le résultat de différenciations effectuées sur un plan simple dans un magma alcalin : il reste à déterminer si elles constituent des faciès de variation d'une même masse intrusive ou si elles ont été mises en place par des intrusions successives.

---

(¹) Dans ces diverses roches, la prédominance de l'ægyrine sur la riebeckite ou le remplacement complet de celle-ci par l'ægyrine sont une conséquence de l'état d'oxydation du fer qui est surtout à l'état de $Fe^2O^3$(dans les roches à riebeckite le FeO domine sur le $Fe^2O^3$) et aussi d'une teneur moindre en alumine.

(²) *Sveriges geol. Urdersökning*, sér. C, n° 199. Stockholm, 1906.

(³) *Meddelelser om Grönland* (Kjobenhaven), t. 38, 1912, p. 177.

(⁴) $SiO^2$, 48,90; $Al^2O^3$, 7,85; $Fe^2O^3$, 11,46; FeO, 13,32; MgO, 0,38; CaO, 1,95; $Na^2O$, 7,40; $K^2O$, 3,23; $H^2O$, 1,80; MnO, 1,11; $ZrO^2$, 1,96; MnO, 1,11; Cl, 0,03; Total : 99,39.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur certains sous-groupes des groupes hyperfuchsiens correspondant aux formes quadratiques ternaires à indéterminées conjuguées.* Note de M. **Émile Picard**.

1. J'ai donné autrefois [1] les premiers exemples de groupes hyperfuchsiens en envisageant les substitutions à coefficients entiers complexes transformant en elle-même une forme quadratique ternaire d'Hermite. Si cette forme est à coefficients réels, et si l'on considère seulement les substitutions à coefficients réels, on a un sous-groupe du groupe hyperfuchsien; ce sous-groupe offre quelques particularités intéressantes que je me propose d'indiquer. Il suffit, pour plus de simplicité, d'envisager seulement ici la forme à indéterminées conjuguées

$$xx_0 + yy_0 - zz_0 \quad (x_0,\ y_0,\ z_0 \text{ conjuguées de } x,\ y,\ z). \tag{1}$$

Nous désignerons d'une manière générale par

$$(x,\ y,\ z;\ M_1 x + N_1 y + P_1 z,\ M_2 x + N_2 y + P_2 z,\ M_3 x + N_3 y + P_3 z)$$

les substitutions à coefficients entiers réels transformant en elle-même la forme (1) et par suite aussi la forme

$$x^2 + y^2 - z^2. \tag{2}$$

2. Nous voulons étudier, au point de vue de la discontinuité, le groupe relatif aux deux variables complexes $u$ et $v$

$$U = \frac{M_1 u + P_1 v + R_1}{M_3 u + P_3 v + R_3}, \qquad V = \frac{M_2 u + P_2 v + R_2}{M_3 u + P_3 v + R_3}. \tag{3}$$

J'ai montré (*loc. cit.*) que le groupe hyperfuchsien *général* résultant de (1), c'est-à-dire avec les M, P, R entiers complexes, est discontinu à l'intérieur de l'hypersphère

$$uu_0 + vv_0 = 1. \tag{$\Sigma$}$$

Pour éviter toute confusion, rappelons que nous disons qu'un groupe est discontinu en un *point* $(u, v)$, quand il n'existe pas de substitution du groupe, transformant le point $(u, v)$ en un point $(U, V)$ différant du premier d'aussi peu que l'on veut, exception faite pour un nombre limité de substitutions qui transformeraient $(u, v)$ en lui-même.

[1] *Comptes rendus*, 1882, et *Acta mathematica*, t. I.

Nous supposerons le point complexe $(u, v)$ à distance finie; nous poserons

$$u = u_1 + iu_2, \qquad v = v_1 + iv_2,$$

et nous emploierons des notations analogues pour U et V.

Examinons d'abord le cas où l'on aurait

$$u_1^2 + v_1^2 < 1.$$

Nous pouvons alors raisonner comme dans le cas du groupe hyperfuchsien. En se rappelant la relation

$$M_3^2 + P_3^2 - R_3^2 = -1,$$

on obtient aisément l'inégalité

$$(4) \qquad |M_3 u + P_3 v + R_3| > |R_3| \frac{1 - u_1^2 - v_1^2}{2}.$$

D'autre part, il résulte des relations entre les M, P, R qu'il n'y a qu'un nombre *limité* de substitutions du groupe correspondant à une valeur de $R_3$. Écrivons alors les relations immédiates

$$(5) \qquad \begin{cases} 1 - U^2 - V^2 = \dfrac{1}{(M_3 u + P_3 v + R_3)^2}(1 - u^2 - v^2), \\ 1 - UU_0 - VV_0 = \dfrac{1}{|M_3 u + P_3 v + R_3|^2}(1 - uu_0 - vv_0). \end{cases}$$

De l'inégalité (4) on conclut que les dénominateurs des égalités précédentes augmentent indéfiniment, quand on prend des substitutions du groupe où $R_3$ grandit indéfiniment. Les deux expressions

$$1 - U_1^2 - V_1^2 + U_2^2 + V_2^2 \quad \text{et} \quad 1 - U_1^2 - V_1^2 - U_2^2 - V_2^2$$

tendent donc vers zéro. Le point (U, V) se rapproche, par suite, indéfiniment de la *courbe*

$$(C) \qquad U_2 = V_2 = 0, \qquad U_1^2 + V_1^2 = 1.$$

Nous pouvons conclure que le groupe est *certainement discontinu* dans le domaine (D), relatif aux deux variables complexes $u$ et $v$, défini par l'inégalité

$$(D) \qquad u_1^2 + v_1^2 < 1.$$

*De plus, les points limites sont sur la* COURBE (C).

3. Si le point $(u, v)$ n'est pas dans le domaine (D), le raisonnement précédent n'est plus applicable, l'inégalité (4) perdant tout intérêt. Nous allons chercher ce qui arrive quand $(u, v)$ est en dehors de (D). On supposera, dans tout ce qui va suivre, que $u_2$ et $v_2$ *ne sont pas nuls à la fois*.

Montrons d'abord que si l'on a

$$u_2^2 + v_2^2 - (u_1 v_2 - u_2 v_1)^2 \neq 0, \tag{6}$$

le groupe est discontinu en $(u, v)$. Je dis en effet que, dans ce cas, il ne peut y avoir qu'un nombre limité de substitutions pour lesquelles

$$|M_3 u + P_3 v + R_3|$$

soit inférieur à un nombre donné. Écrivons, en effet,

$$\left\{\begin{array}{l} M_3 u_1 + P_3 v_1 + R_3 = \alpha, \\ M_3 u_2 + P_3 v_2 = \beta, \end{array}\right. \tag{7}$$

$|\alpha|$ et $|\beta|$ étant inférieurs à un nombre donné. On tire de là les valeurs de $M_3$ et $P_3$, qu'on porte dans la relation existant entre $M_3$, $P_3$ et $R_3$,

$$M_3^2 + P_3^2 - R_3^2 = -1.$$

On obtient ainsi une équation du second degré en $R_3$, dans laquelle le coefficient de $R_3^2$ est précisément l'expression (6). Il en résulte que $|R_3|$ est limité, quand $\alpha$ et $\beta$ le sont eux-mêmes; il n'y a donc qu'un nombre limité de substitutions remplissant la condition indiquée.

Nous avons supposé implicitement que $u_1 v_2 - u_2 v_1$ n'était pas nul. Mais, s'il en était autrement, la conclusion subsisterait, car des équations (7) on tirerait la limitation de $R_3$.

Nous pouvons maintenant montrer que, sous la condition (6), *le groupe est discontinu en* $(u, v)$. Si en effet il en était autrement, il y aurait, contrairement à ce que nous venons de voir, une infinité de substitutions du groupe pour lesquelles

$$|M_3 u + P_3 v + R_3|$$

serait infiniment voisin de l'unité; c'est ce qui résulte de la seconde des équations (5), car nous pouvons écarter le cas où l'on aurait

$$1 - u u_0 - v v_0 = 0,$$

ce qui nous ramènerait au cas déjà traité $1 - u_1^2 - v_1^2 > 0$.

Cherchons, toujours sous la condition (6), ce qu'il arrive des points-

limites. Remarquons que l'expression

$$(8)\qquad \frac{M_3}{R_3}u+\frac{P_3}{R_3}v+1$$

a, pour toute substitution du groupe, son module supérieur à un nombre déterminé (dépendant de $u$ et $v$), sauf peut-être pour un nombre limité de substitutions. Posons en effet

$$(9)\qquad \begin{cases} \dfrac{M_3}{R_3}u_1+\dfrac{P_3}{R_3}v_1+1=a,\\ \dfrac{M_3}{R_3}u_2+\dfrac{P_3}{R_3}v_2=b.\end{cases}$$

On tire de là les valeurs de $\frac{M_3}{R_3}$ et de $\frac{P_3}{R_3}$, et on les porte dans la relation

$$\frac{M_3^2}{R_3^2}+\frac{P_3^2}{R_3^2}=1-\frac{1}{R_3^2}.$$

On trouve ainsi une valeur de $R_3^2$ qui, pour $a=b=0$, a une valeur finie. Il pourra arriver que la valeur ainsi obtenue de $R_3^2$ soit le carré d'un entier et corresponde à certaines substitutions du groupe en nombre limité, mais il est clair que, pour toutes les autres, la valeur de $R_3^2$ ne pourra être un entier que si $a^2+b^2$ est supérieur à un nombre déterminé différent de zéro; ce qui démontre la remarque énoncée.

Il a été supposé dans ce dernier calcul que $u_1v_2-u_2v_1$ n'était pas nul. S'il en était autrement, on tirerait des équations (9)

$$v_2=av_2-bv_1,\qquad u_2=au_2-bu_1$$

et comme $u_2^2+v_2^2$ n'est pas nul, il n'est pas possible que $a^2+b^2$ descende au-dessous d'une certaine limite.

La remarque relative à la limite inférieure de l'expression (8) nous permet d'énoncer la même conclusion qu'au paragraphe 2, en ce qui concerne les points limites. Il existe en effet ici, comme précédemment, un nombre positif K non nul, tel que (sauf peut-être pour un nombre limité de substitutions) on a

$$|M_3u+P_3v+R_3|>K|R_3|.$$

De là se conclut, comme plus haut, que *l'ensemble des points limites est sur la courbe* (C).

4. Examinons enfin le cas laissé jusqu'ici de côté où, pour le point $(u, v)$,

on aurait

$$u_2^2+v_2^2-(u_1v_2-u_2v_1)^2=0,$$

en supposant toujours $u_2^2+v_2^2$ différent de zéro.

On voit d'abord qu'on n'a pas ici

$$1-u^2-v^2=0,$$

car cette égalité est incompatible avec les conditions précédentes. On prouvera alors, d'après la première des équations (5), la discontinuité du groupe, si l'on montre qu'il ne peut y avoir une infinité de substitutions du groupe, pour lesquelles

$$M_3u+P_3v+R_3$$

diffère de $\pm 1$ d'aussi peu qu'on veut. Or, écrivons les équations

$$\begin{aligned} M_3u_1+P_3v_1+R_3 &= \pm 1+\varepsilon, \\ M_3u_2+P_3v_2 \quad &= \eta, \end{aligned}$$

et faisons, comme plus haut, la substitution de $M_3$ et $P_3$ dans la relation déjà écrite entre $M_3$, $P_3$ et $R_3$. Nous aurons ici une équation du premier degré en $R_3$, donnant pour $R_3$ la valeur finie $\pm 1$ quand on fait $\varepsilon=\eta=0$. Il n'y a plus alors qu'à raisonner comme ci-dessus.

On ne peut d'ailleurs, dans le cas présent, avoir

$$u_1v_2-u_2v_1=0.$$

5. Nous pouvons, comme conclusion de l'analyse précédente, énoncer la proposition suivante :

*Le groupe étudié est discontinu pour tout point* $(u, v)$ *non réel* $(u_2^2+v_2^2\neq 0)$, *situé à distance finie. Il est aussi discontinu pour les points réels* $u=u_1$, $v=v_1$, *pourvu qu'on ait*

$$u_1^2+v_1^2<1.$$

Une différence importante est à noter en ce qui concerne les points limites. Quand l'expression

$$u_2^2+v_2^2-(u_1v_2-u_2v_1)^2$$

n'est pas nulle, *l'ensemble des points limites est sur la courbe* (C) *définie par les équations*

$$U_2=0, \quad V_2=0, \quad U_1^2+V_1^2=1.$$

Si, au contraire, l'expression précédente est nulle, $u_2^2+v_2^2$ étant d'ail-

leurs toujours différent de zéro, on peut seulement affirmer que les points limites *à distance finie* sont nécessairement sur le continuum défini par les deux équations

$$U_2 = 0, \qquad V_2 = 0.$$

J'étudierai prochainement les fonctions uniformes de $u$ et $v$, restant invariables par les substitutions du groupe précédent.

## CORRESPONDANCE.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur le principe de Doppler et le sifflement des projectiles.* Note [1] de M. **Ernest Esclangon**, présentée par M. Paul Appell.

Le principe de Doppler a été souvent vérifié expérimentalement pour des vitesses relativement faibles, de l'ordre du $\frac{1}{10}$ de la vitesse du son par exemple. On peut se demander ce que devient cette loi pour des vitesses très grandes, de l'ordre de celle du son, réalisées notamment par les projectiles.

Nous nous proposons de montrer que, dans ce cas, le *timbre* peut être affecté, ce qui peut expliquer la variété et la transformation des sons émis dans le sifflement des projectiles.

Soient P un observateur *fixe* et un projectile, ou un corps sonore quelconque, décrivant une trajectoire. Désignons par $v$ la vitesse en un point quelconque M, par $a$ celle du son, par $\psi$ l'angle de $\overline{\mathrm{MP}}$ avec la tangente positive en M, par $r$ la distance MP, enfin par $\theta$ l'époque où le projectile passe en M.

Le projectile ébranle successivement les molécules qu'il rencontre sur son passage, et qui reviennent à leur position d'équilibre après un temps très petit $\varepsilon$. En outre, le corps mobile étant supposé animé d'un mouvement périodique, autour de sa trajectoire (rotation, précession, son s'il s'agit d'un corps sonore), les molécules ébranlées aux époques $\theta$, $\theta + \mathrm{T}$, $\theta + 2\mathrm{T}$, ... ont les mêmes mouvements. Le mouvement d'une molécule ébranlée à l'époque $\theta$ pourra donc être représenté par $f(t, \theta)$ ; $f$ désignant

(1) Séance du 11 septembre 1916.

une fonction périodique *par rapport à* $\theta$, en supposant que $\theta$ est l'origine des temps $t$. Si l'on prend pour $t$ une origine quelconque, le mouvement transmis au point P, à l'époque $t$, sera représenté par $\frac{1}{r} f\left(t - \theta - \frac{r}{a}, \theta\right)$.

Composons tous les mouvements qui, issus des divers points de la trajectoire, arrivent en P à l'époque donnée $t$. Le mouvement de chaque molécule étant amorti, les seuls points de la trajectoire à considérer seront ceux pour lesquels

$$(1) \qquad t \geqq \theta + \frac{r}{a} \geqq t - \varepsilon,$$

c'est-à-dire situés sur un (ou plusieurs) petits arcs tels que $A_1 A_2$ dont les extrémités correspondent aux limites de l'inégalité (1). Le mouvement composant en P sera donné par

$$(2) \qquad I = \int_{s_1}^{s_2} \frac{1}{r} f\left(t - \theta - \frac{r}{a}, \theta\right) ds.$$

Confondant l'arc $A_1 A_2$ avec un segment de droite et $\psi$ désignant l'angle de $M_1 P$ avec la tangente positive à la trajectoire, on aura

$$(3) \qquad s_2 - s_1 = l = \frac{\varepsilon}{\left(\frac{1}{v} - \frac{\cos\psi}{a}\right)}, \qquad \theta_1 + \frac{r_1}{a} = t, \qquad r = r_1 - \lambda \cos\psi, \qquad \theta = \theta_1 + \frac{\lambda}{v},$$

et, par suite,

$$(4) \qquad I(t) = \int_0^l \frac{1}{r} f\left(\frac{\lambda\varepsilon}{l}, \theta_1 + \frac{\lambda}{v}\right) d\lambda;$$

$t$ figure au second membre par l'intermédiaire de $\theta_1$ et de $r$ donnés par (3).

Au voisinage de l'époque $t$ on peut écrire

$$\theta_1 = \frac{t}{\left(1 - \frac{v}{a}\cos\psi\right)} + \text{const.}$$

De sorte que, finalement, l'intégrale (4) s'écrit

$$I(t) = \int_0^l \frac{\Phi(\lambda, t)}{R(\lambda, t)} d\lambda, \qquad R(\lambda, t) = r.$$

Or, d'après la propriété de la fonction $f$, la fonction $\Phi(\lambda, t)$ *est périodique* par rapport à $t$ et sa période $T' = T\left(1 - \frac{v}{a}\cos\psi\right)$ est celle qui résulte du principe de Doppler; mais $I(t)$ n'est vraiment elle-même une fonction

périodique que si, au voisinage de l'époque $t$, les valeurs correspondantes de $r$ peuvent être considérées comme constantes, c'est-à-dire si l'observateur est éloigné de l'arc $A_1 A_2$, ou si le mouvement du corps sonore est peu rapide, ou enfin si la période T est très petite.

S'il n'en est pas ainsi, ce qui peut arriver pour les projectiles, on pourra toujours écrire

$$\frac{1}{R(\lambda, t)} = S_0(\lambda) + tS_1(\lambda) + t^2 S_2(\lambda) + \ldots,$$

et, par suite,

$$I(t) = \varphi_0(t) + t\,\varphi_1(t) + t^2\,\varphi_2(t) + \ldots;$$

les fonctions $\varphi_0(t)$, $\varphi_1(t)$, $\varphi_2(t)$, ... étant des fonctions périodiques de période T'.

Si on les développe en séries de Fourier, on aura finalement

$$I(t) = \sum \left( A_n \cos 2\pi \frac{nt}{T'} + B_n \sin 2\pi \frac{nt}{T'} \right),$$

$A_n$ et $B_n$ étant des fonctions de $t$ plus ou moins lentement variables.

En d'autres termes, *dans le son perçu, la période sera bien celle déduite du principe de Doppler*, mais *le timbre pourra varier* plus ou moins rapidement en fonction du temps. Or c'est bien en fait ce que l'on observe avec les projectiles, surtout lorsqu'ils passent près de l'observateur, c'est-à-dire lorsque $r$ varie rapidement.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Action des rayons X sur l'iode et l'iodure d'amidon en milieu aqueux.* Note (1) de M. **H. Bordier**, transmise par M. Armand Gautier.

Dans un précédent travail (2), j'ai fait connaître l'action qu'exerce la lumière sur l'iode et l'iodure d'amidon en milieu aqueux.

L'explication que j'ai donnée de cette action de la lumière par ionisation et précipitation des grains colloïdaux m'a conduit à étudier l'action des rayons X sur ces pseudo-solutions. On sait, en effet, que les rayons X produisent surtout des phénomènes d'ionisation.

Quelques précautions sont nécessaires pour ces expériences : il faut tout d'abord se placer dans des conditions telles que le phénomène à observer ne soit pas masqué

(1) Séance du 11 septembre 1916.
(2) *Comptes rendus*, t. 163, 1916, p. 205.

par une trop forte concentration. Pour l'eau iodée, on opère en mettant 4 gouttes de teinture d'iode au dixième dans 1[l] d'eau, et en agitant après chaque goutte. Si l'on s'est servi d'un compte-gouttes normal, la proportion d'iode employée ainsi est de 0g,0072 par litre. Pour l'iodure d'amidon, on verse un excès d'empois d'amidon dans 1[l] d'eau et l'on y laisse tomber 4 gouttes de teinture d'iode qui communiquent au liquide une jolie teinte bleu de ciel.

Après de nombreux essais et tâtonnements, le dispositif que j'ai trouvé le plus commode pour faire les irradiations consiste à placer le liquide dans une boîte en carton préalablement paraffinée : cette boîte est ainsi rendue étanche et le couvercle établit une fermeture hermétique; il sert en même temps de filtre aux rayons tout en s'opposant aux phénomènes d'oxydation qui pourraient provenir de l'ozone formé autour de l'ampoule.

Pour apprécier la quantité de rayons X absorbée par le liquide irradié, je collais une pastille de mon chromoradiomètre au couvercle, le platinocyanure étant tourné vers le haut.

J'ai opéré avec des ampoules de différentes dimensions à anticathode refroidie par l'eau, avec une dureté mesurée par 7 à 8 degrés Benoist. De cette façon, le liquide s'échauffe à peine, 1° ou 2° tout au plus.

*Résultats.* — Avec l'iodure d'amidon, l'action des rayons X se reconnaît facilement par la décoloration : la quantité de rayons X nécessaire pour produire cette décoloration a varié dans mes expériences entre 8 et 10 unités I. Il faut noter que, si la dose des rayons a été insuffisante, la décoloration de l'iodure d'amidon n'est pas complète aussitôt après l'irradiation. Mais en abandonnant à elle-même la solution irradiée, sa décoloration ne tarde pas à devenir totale, même dans l'obscurité. Après la décoloration produite par les rayons X, on peut faire réapparaître la teinte bleue en ajoutant une trace d'iode dans la liqueur.

Avec l'eau iodée, l'action des rayons X s'apprécie en ajoutant à cette eau, après une irradiation suffisante, quelques gouttes d'empois d'amidon : alors que l'eau iodée témoin donne dans ces conditions une belle couleur bleue, l'eau irradiée reste incolore. La dose nécessaire pour obtenir ce résultat est aussi d'environ 8 à 10 unités I. Comme je l'ai constaté, cette dose varie avec la proportion d'iode : peut-être y aurait-il dans cette remarque un moyen de quantitométrie radiothérapique.

Ce que les rayons ultraviolets produisent après plusieurs heures, les rayons X le font en quelques minutes : les uns et les autres font cesser l'état colloïdal de l'iode en déchargeant les particules électrisées. Celles-ci avant l'irradiation restaient en présence des éléments de l'eau sans entrer en

combinaison avec eux, puisque dans l'obscurité l'iode conserve son même état : à mesure que l'ionisation due aux rayons X ou aux rayons ultraviolets produit son effet, les particules d'iode libérées entrent en combinaison avec l'hydrogène de l'eau pour former de l'acide iodhydrique qui n'a plus d'action sur l'empois d'amidon : d'où disparition de la teinte bleue en présence de l'amidon. Du reste, la réaction de l'eau iodée et de l'iodure d'amidon devient nettement acide après une irradiation suffisante.

MINÉRALOGIE. — *Les minettes de Jersey*. Note (¹) de M. **Mauger**.

L'une des caractéristiques de la constitution pétrographique de Jersey réside dans l'abondance des filons de minette (*mica trap*) qui traversent le granite, les microgranites et aussi les schistes paléozoïques et les porphyrites.

J'ai eu l'occasion d'étudier un assez grand nombre de ces filons, je me propose de donner la description des roches qui les constituent.

Leur structure varie de la grenue à la microlitique. Toutes sont caractérisées par leur couleur noire et l'abondance de la biotite. Cette biotite se présente en lamelles hexagonales avec des formes très nettes, s'empilant parfois les unes sur les autres pour constituer d'élégants groupements; en lames minces, on constate que généralement la coloration est plus intense sur la périphérie des cristaux, qui sont toujours sensiblement uniaxes. Ce mica est souvent associé à de l'augite, quelquefois un peu violacée et présentant très fréquemment une décomposition en calcite; c'est là l'origine de la calcite que ces roches renferment parfois en grande abondance; il existe aussi parfois des transformations périphériques de ces pyroxènes en biotite, mais seulement dans des roches dépourvues de calcite.

Une particularité intéressante réside dans la fréquence des cristaux d'olivine (²); mais tandis que dans les roches de ce genre où ce minéral n'est pas rare, ces cristaux sont généralement de petite taille, ici l'olivine peut atteindre $1^{cm}$ de plus grande dimension; elle se présente avec des formes géométriques et il est possible de les dégager de leur gangue. Les formes observées sont : $g^3(120)$, $p(001)$, $e^1(011)$, $e^{\frac{1}{2}}(021)$, $g^1(010)$, avec le développement de formes habituel à l'olivine des basaltes. Ce péridot n'est jamais intact, il est toujours pseudomorphisé et de façon différente, tantôt

(¹) Séance du 11 septembre 1916.

(²) Ces cristaux ont été découverts par M. Duprey et déjà signalés par M. J. Couyat.

en quartz et en calcédoine pénétré de pyrite et entouré de lamelles de biotite, tantôt serpentinisé; il existe aussi des transformations en biotite verdâtres dont la texture cloisonnée permet de reconnaître la structure ancienne de l'olivine en voie d'altération; par contre, je n'ai pas trouvé de pseudomorphoses en trémolite (pilite). Quelquefois ces pseudomorphoses renferment des octaèdres de spinelle brun, qui est probablement d'origine primaire.

Quant au feldspath, il se présente avec des aspects différents. Dans les roches grenues, il constitue de grandes plages xénomorphes qui enveloppent tous les minéraux colorés et l'apatite qui ne manque dans aucun des types de minette.

Dans les variétés microlitiques, qui sont celles dans lesquelles j'ai rencontré l'olivine, l'augite forme des cristaux plus petits que les minettes grenues; le mica se rencontre en phénocristaux et en microlites, l'orthose constitue des microlites aplatis, réunis entre eux par une substance, aujourd'hui transformée en produits micacés, cryptocristallins, qui occupent la place d'un verre disparu.

Enfin, il me faut signaler un type microlitique holocristallin dépourvu de pyroxène, dans lequel l'orthose constitue de très grands microlites palmés, avec çà et là des sphérolites de même nature, plus petits et de cristallisation postérieure.

Je donnerai ci-dessous deux analyses [1]: la première (*a*) d'une minette de Fort Regent, par M. Pisani; l'autre (*b*) de Grève au Lançon, par moi-même; j'y joins l'analyse (*c*) d'une minette à augite de Sheep Creek (Little Belt Mountains), Montana, par M. Hillebrand.

| | *a.* | *b.* | *c.* |
|---|---|---|---|
| $SiO^2$ | 48,60 | 56,20 | 52,26 |
| $Al^2O^3$ | 12,40 | 14,20 | 13,96 |
| $Fe^2O^3$ | 1,96 | 0,75 | 2,76 |
| $FeO$ | 4,54 | 4,92 | 4,45 |
| $MgO$ | 9,20 | 9,05 | 8,21 |
| $CaO$ | 3,59 | 4,70 | 7,04 |
| $Na^2O$ | 1,88 | 2,84 | 2,80 |
| $K^2O$ | 4,68 | 4,56 | 3,87 |
| $CaCO^2$ | 5,91 | traces | 0,49 |
| $Ph_2O_5$ | 0,06 | 0,96 | 0,152 |
| $TiO^2$ | 1,81 | 1,87 | 0,58 |
| Perte au feu | 5,31 | 1,70 | 2,87 |
| | 99,94 | 100,85 | 100,25 |

(1) U.-S. Washington, *Chemical analyses of igneous rocks*, 1903, p. 225.

La roche *a* est assez altérée, l'acide carbonique de la calcite a déplacé une quantité équivalente de silice et la haute perte au feu empêche un calcul précis de la composition virtuelle. Celle de l'analyse *b* conduit à un type de monzonose (II'. 5. 2'. 3) fréquemment réalisé dans les minettes; il est voisin des shoshonoses (II. 5. 3. 3).

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Perturbations de la déclinaison magnétique à Lyon (Saint-Genis-Laval) pendant le premier trimestre de* 1916. Note [1] de M. Ph. Flajolet, présentée par M. B. Baillaud.

Les relevés des courbes du déclinomètre Mascart, pendant le premier trimestre de 1916, fournissent la répartition suivante des jours perturbés :

| Échelle. | | Janvier. | Février. | Mars. | Totaux du trimestre. |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | Jours parfaitement calmes........ | 1 | 2 | 3 | 6 |
| 1 | Perturbations de 1' à 3'........ | 12 | 9 | 2 | 23 |
| 2 | » de 3' à 7'........ | 12 | 8 | 9 | 29 |
| 3 | » de 7' à 15'........ | 5 | 10 | 8 | 23 |
| 4 | » de 15' à 30'....... | 1 | 0 | 8 | 9 |
| 5 | » > 30'............. | 0 | 0 | 1 | 1 |

On remarque qu'il n'y a eu aucun jour de forte perturbation en février; il y a eu un seul jour en janvier (15' le 25); mais en mars, il y en a eu 9 (18' le 25; 19' le 6; 20' les 20, 24 et 30; 22' le 29; 25' les 8 et 10; et enfin 31' le 9).

Par rapport aux résultats du quatrième trimestre de 1915 [2], il y a diminution de deux dans les jours calmes, de quatre dans l'échelle 2, de trois dans l'échelle 4 et de deux dans l'échelle 5; par contre, il y a augmentation de huit jours dans la cote 2 et de deux jours dans la cote 3 de l'échelle.

La séance est levée à 15 heures et demie.

G. D.

---

[1] Séance du 11 septembre 1916.

[2] *Comptes rendus*, t. **162**, 1916, p. 519.

## BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances de juin 1916 (*suite et fin*).

*Annuario publicado pelo Observatorio nacional do Rio de Janiero para o anno de* 1916, anno XXXII. Rio de Janiero, Villas-Boas, 1916; 1 vol. in-12.

*Centuria prima di Acari nuovi*, par Antonio Berlese. Firenze, Ricci, 1916; 1 fasc. in-8°.

*Report of the eighty-fifth meeting of the british Association for the advancement of science : Manchester*, 1915. London, John Murray, 1916; 1 vol. in-8°.

*Records of the Survey of India*, t. VII, *Annuals reports of parties and offices* 1913-1914. Calcutta, Superintendent Government printing, India, 1916; 1 vol. in-f°.

*Publications of the United States naval Observatory*, second series, vol. IX, part II : *Observations made with the nine-inch transit circle* 1903-1908, under the direction of W. S. Eichelberger. Washington, Government printing Office, 1915; 1 vol. in-4°.

*Report of the United States commissioner of Fisheries for the fiscal year* 1914, by Hugh M. Smith. Washington, Government printing Office, 1915; 1 vol. in-8°.

*The american Ephemeris and nautical Almanac, for the year* 1918. Washington, Government printing Office, 1915; 1 vol. in-8°.

*Anthropological report on Sierra Leone*, by Northcote W. Thomas; part I : *Law and Custom of the Timne and other tribes;* part II : *Timne-english dictionary;* part III : *Timne grammar and stories.* London, Harrison, 1916; 3 vol. in-12.

*Specimen of languages from Sierra Leone*, by Northcote W. Thomas. London, Harrison, 1916; 1 vol. in-4°.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 25 SEPTEMBRE 1916.

PRÉSIDENCE DE M. CAMILLE JORDAN.

---

## CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Internationale Erdmessung. Astronomisch-geodätische Arbeiten in der Schweiz.* Vol. XV. (Adressé par la Commission géodésique suisse.)

2° Des *Matériaux pour la Carte géologique de la Suisse :* une planche de profils géologiques n° 73 *b;* deux cartes spéciales géologiques n° 77 et n° 29, avec textes explicatifs. (Adressé par la Commission géologique suisse.)

3° *Le Darwinisme et la guerre,* par P. Chalmers Mitchell, avec une Préface de M. Émile Boutroux. (Présenté par M. Ed. Perrier.)

ASTRONOMIE. — *L'origine des rotations et révolutions de sens direct ou rétrograde ainsi que des orbites cométaires.* Note (¹) de M. **Émile Belot**, présentée par M. Bigourdan.

Faye a cherché à expliquer les rotations directes et rétrogrades des planètes en admettant qu'à l'origine la nébuleuse solaire avait eu une vitesse angulaire de rotation constante qui peu à peu avait fini par aboutir à celle que donne la troisième loi de Képler (période rétrograde). Mais il n'est pas possible de comprendre mécaniquement qu'une masse nébuleuse sphéroïdale ait pu s'isoler de la nébuleuse universelle avec une vitesse angulaire constante sans qu'autour d'elle se soient réalisées *en même temps*, par le frottement, des vitesses angulaires de plus en plus réduites quand on s'éloigne du centre.

---

(¹) Séance du 18 septembre 1916.

Le problème des vitesses tangentielles dans la nébuleuse primitive peut être élucidé en partant de la loi des rotations directes donnée comme empirique dans une Note précédente (*Comptes rendus*, t. 143, 1906, p. 1126) et dont la démonstration (¹) nous a appris que le premier terme est relatif à la rotation du noyau N, c'est-à-dire de la masse planétaire mise en rotation par la vitesse relative des nappes concentriques de la nébuleuse, et que le second terme correspond au moment de rotation conféré au noyau par la précipitation ultérieure de matière satellitaire. On peut d'abord améliorer la formule des rotations directes en introduisant dans le second terme l'inverse de l'aplatissement $\alpha$ sous la forme démontrée dans ma Note présentée à l'Académie des Sciences le 23 décembre 1913. Ainsi complétée la formule devient (T durée de rotation en heures, $a$ distance au centre en *u. a.*, D diamètre de l'astre en diamètres terrestres, $d$ sa densité par rapport à l'eau) :

$$(1)\qquad T = \frac{23,73}{\sqrt{a}\,D^{\frac{1}{2,6}}} + \frac{0,59\,D}{\sqrt{d\left(1-\frac{1}{\alpha}\right)}}.$$

Cette formule est beaucoup plus précise que celle de 1906. Les écarts dans les durées T ne sont plus que de 1 minute au lieu de 12 minutes. Elle s'applique d'ailleurs à la Lune et, avec les intégrations nécessaires, au Soleil dont on trouve ainsi la durée de rotation variant de $26^j$ à $29^j,7$ suivant qu'on le considère comme homogène ou fortement condensé au centre. La formule (1), ayant ainsi une base solide dans l'expérience, peut servir à résoudre la question suivante analogue à celle que s'était posée Faye : quelle a été la loi de révolution de deux nappes concentriques voisines ayant les vitesses tangentielles $V_1$, $V_2$ pour que la rotation de durée $T_1$ du noyau inséré entre elles corresponde à $\sqrt{a}$ au dénominateur du premier terme? On a, pour un noyau de diamètre D, la durée de rotation $T_1$

$$T_1 = \frac{2\pi D}{V_1 - V_2}.$$

Par suite, on doit avoir

$$\frac{dV}{da} = \sqrt{a};$$

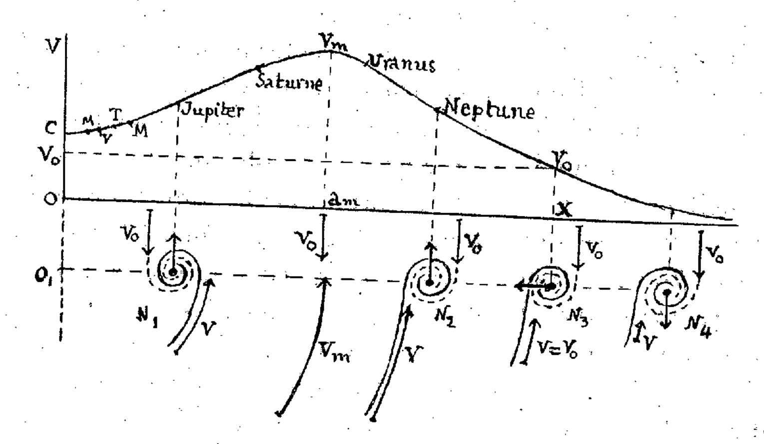
d'où

$$(2)\qquad V = C + \frac{2}{3}a^{\frac{3}{2}} = \omega a.$$

(¹) E. Belot, *Essai de cosmogonie tourbillonnaire*, Chap. II.

Ainsi la vitesse V des nappes directes n'était pas proportionnelle à $a$ comme le supposait Faye : elle ne s'annulait pas au centre parce que la répartition de la matière n'était pas entièrement sphéroïdale. En effet, en formant $\omega^2 a$ en partant de (2), le premier terme est $C^2 : a$, ce qui indique une attraction centrale d'un cylindre indéfini (tube-tourbillon).

Figurons la courbe des V en fonction de $a$ à partir du centre $OO_1$ du




système. Au delà de Saturne, V ne peut croître indéfiniment : il faut donc qu'à une distance $a_m$, inférieure à celle d'Uranus, V atteigne un maximum au delà duquel V diminue indéfiniment. La courbe des V ainsi tracée représente précisément la distribution des vitesses à l'intérieur et à l'extérieur d'un fluide en mouvement tourbillonnaire comme une tempête tournante. Mais pour qu'une nappe fluide agglomère sa masse rapidement en un seul astre à une distance donnée, il faut qu'elle soit rompue puis refoulée sur elle-même par une masse de vitesse antagoniste $V_0$. Dans notre théorie $V_0$ est la projection sur l'écliptique de la vitesse de la nébuleuse amorphe qui rencontre les nappes à vitesses V de la nébuleuse tournante. Figurons en plan au-dessous de OX la partie de l'écliptique où se produisent les chocs directs de $V_0$ et des V, causes de la formation des noyaux planétaires N. On voit clairement que ces chocs détermineront les cas suivants de rotation et de révolution pour les noyaux N :

| Valeurs de V. | | Sens de rotation. | | Sens de révolution. |
|---|---|---|---|---|
| V croît entre O et $a_m$ . . . | $V > V_0$ | Direct | $N_1$ | Direct |
| $V_m$ maximum en $a_m$ . . . . | $V > V_0$ | Rotation nulle | » | Direct |
| V décroît de $a_m$ en X. . . . | $V > V_0$ | Rétrograde | $N_2$ | Direct |
| En X. . . . . . . . . . . . . . . . . | $V = V_0$ | Rétrograde | $N_3$ | Indifférent (orbites cométaires) |
| V décroît au delà de X . . | $V < V_0$ | Rétrograde | $N_4$ | Rétrograde |

Ainsi on peut prévoir que dans les systèmes de satellites les révolutions rétrogrades seront toujours à l'extérieur et que dans le système solaire au delà de la région à *rotation rétrograde* et *révolution directe* on pourra trouver des planètes à *révolution rétrograde* comme dans les systèmes de satellites. La même analyse explique pourquoi entre Saturne et Uranus, il n'a pu se former de grosses planètes : car vers la distance $a_m$ aucune rotation ne peut prendre naissance, et nous savons que la rotation, nécessaire pour agglomérer la masse, est pour les planètes directes d'autant plus rapide que la masse est plus forte. Enfin nous avons la notion nouvelle d'une distance X très éloignée dans la région rétrograde (probablement au delà de 100 u. a.) où $V = V_0$, ce qui annule la tendance à la révolution et fait précipiter ainsi vers le Soleil les masses de cette région. Celles dont la distance initiale sera un peu inférieure à OX donneront lieu en principe à des *orbites cométaires de sens direct*, celles qui sont un peu plus éloignées à des *orbites cométaires de sens rétrograde*. D'ailleurs le choc des masses nébuleuses sur les masses cométaires, pendant leur marche vers le Soleil, pourra soit les absorber, soit par $V_0$ incliner l'orbite vers le sens rétrograde et par V vers le sens direct. On comprend dès lors pourquoi il y a autant de comètes directes que de rétrogrades et comment toutes les inclinaisons d'orbite sont possibles pour des masses résultant d'un choc et partant d'une vitesse nulle. Si l'excentricité d'une orbite est grande chaque fois que V est voisin de $V_0$, on en conclut que les satellites rétrogrades éloignés doivent avoir des orbites très excentrées et qu'il doit en être de même près du centre d'un système : ainsi pour Mercure, et les satellites Phobos, V de Jupiter, Mimas, Ariel.

Enfin il pourrait exister des systèmes planétaires où la courbe V descende près du centre au-dessous de $V_0$ ($C < V_0$) : ces systèmes auraient près du centre des orbites cométaires et même des révolutions et rotations rétrogrades.

On voit avec quelle facilité la cosmogonie dualiste et tourbillonnaire rend compte de toutes les particularités (comètes et mouvements rétrogrades) qui étaient ou ignorées ou considérées comme des anomalies par la cosmogonie de Laplace et ses dérivées.

*Remarque.* — On a pu dans ce qui précède, pour simplifier, ne considérer que les vitesses V et $V_0$ au lieu de $mV$ et $m_0V_0$, parce que les $m$ varient dans le même sens que les V, que $m_0$ peut être supposé constant comme $V_0$ et qu'il s'agit seulement de déterminer le sens des phénomènes.

ASTRONOMIE. — *Occultations dans les Pléiades, observées le* 16 *septembre* 1916, *à l'équatorial Brünner* ($0^m$,16 *d'ouverture*) *de l'Observatoire de Lyon*. Note de M. **J. Guillaume**, présentée par M. B. Baillaud.

La Lune étant âgée de 19 jours, les immersions se produisaient par le limbe éclairé et les émersions par le bord obscur. La présence assez fréquente de vapeurs, dont la condensation allait jusqu'au stratus épais, rendait la visibilité du limbe obscur très variable.

| Étoiles. | Phénomènes. | Temps moyen de Lyon. | Remarques. |
|---|---|---|---|
| | | h m s | |
| 23 *d* (4,5).......... | Ém. | 11.36.28,7 | Brusque. |
| 26 *s* (6,7)......... | Im. | 11.54. 3,2 | Perdue en contact avec le limbe qui est très nettement défini. |
| Anon. 23 (8,1)...... | Ém. | 12. 4.42,3 | En retard? |
| Anon. 17 (7,2)...... | Ém. | 12. 5.24,0 | Brusque. |
| Anon. 14 (9,6)...... | Ém. | 12. 6. 0 | Vue à ce moment. |
| Anon. 19 (7,3)...... | Ém. | 12.12. 3,0 | Brusque. |
| Anon. 22 (7,5)...... | Ém. | 12.16.18,4 | Brusque. |
| 28 *h* (5,4).......... | Im. | 12.19.32,0 | En contact 1s avant; l'étoile entre dans le limbe, puis son petit disque s'aplatit et, lorsqu'il n'en reste plus environ que le tiers, elle disparaît brusquement. Très belle définition. |
| Anon. 26 *s* (6,7)..... | Ém. | 13. 0. 3,2 | En retard. |
| Anon. 33 (8,3)..... | Ém. | 13. 9.20,7 | Probablement en retard. |
| 28 *h* (5,4).......... | Ém. | 13.13.33,9 | Brusque. |
| 27 *f* (3,9).......... | Ém. | 13.15.21,4 | Brusque. |

Les étoiles de 10e grandeur étaient complètement invisibles.

L'étoile Anon. 13, indiquée 8,5 dans le Catalogue Lagrula, était à la limite de perceptibilité; je n'ai pu la saisir qu'assez loin de son émersion.

J'ai estimé l'Anon. 33 (8,3) $\gtreqless$ 0,1 que l'Anon. 30 (8,4); l'une de ces deux étoiles est probablement variable, de même que l'Anon. 14.

RADIOLOGIE. — *Détermination des constantes pratiques du tube Coolidge.* Note de MM. **Marcel Boll** et **Lucien Mallet**.

Le tube Coolidge ([1]) est une nouvelle ampoule à rayons X basée sur l'émission d'électrons par les corps incandescents (effet Edison-Richardson). Au point de vue qui nous intéresse, il n'en a pas encore été fait d'étude systématique; par contre, il a été publié de nombreuses erreurs, attribuables à des idées trop schématiques qu'on s'était faites sur le fonctionnement de cette ampoule; et comme elle est déjà employée par des radiologues et des médecins, il nous a paru intéressant de résumer les résultats que nous avons obtenus dans le service du Dr Béclère, au Val-de-Grâce.

1° Courbes du régime électrique. — *a. Courbes du courant* $i$ *débité dans l'ampoule en fonction du courant* I *alimentant le filament, à divers voltages* U *maintenus constants.* — La température absolue T du filament incandescent varie dans le même sens que le courant I, alors que le courant $i$ est lié à T par la loi de Richardson

$$i = a\sqrt{T}\,e^{-\frac{b}{T}},$$

où $a$ et $b$ sont des constantes ([2]).

L'allure de cette fonction montre que $i$ doit croître très rapidement avec I; c'est ce que l'on constate tant que I n'est pas trop grand. Sinon, les actions électrique et magnétique exercées par l'ensemble des électrons sur chacun d'entre eux ne sont plus négligeables et le courant $i$ reste sensiblement constant pour des valeurs croissantes de I.

*b. Courbes du courant* $i$ *débité dans l'ampoule en fonction du voltage* U *aux bornes, pour différents courants* I *maintenus constants.* — D'une manière générale, le courant $i$ croît en fonction de U. Remarquons qu'à faibles voltages ($U < 2000$ volts), le champ électrique appliqué n'est pas capable d'entraîner tous les électrons émis et le courant $i$ reste très petit.

2° Puissance rayonnée et degré de pénétration. — La puissance rayonnée $\mathcal{P}$ sous forme de rayons X (appelée parfois *intensité du rayonnement*) a été mesurée par l'ionisation produite par les rayons X en traversant un électroscope en papier plombaginé. Ces puissances $\mathcal{P}$ ont été ensuite converties en unités V par minute, utilisées par les médecins; rappelons que, par définition, une ampoule a émis 1 V, lorsqu'une pastille de platinocyanure de baryum, placée à $7^{cm},5$ de l'anticathode, a viré de sa

---

([1]) On trouvera une description et un schéma de cet appareil dans la Note de MM. Belot et Ménard (*Comptes rendus*, t. **160**, 1915, p. 450).

([2]) $a$ varie comme le nombre d'électrons présents dans le métal et $b$ est proportionnel au travail nécessaire pour vaporiser un électron dans l'espace environnant.

teinte primitive à une nouvelle teinte type (effet Villard) [1]. Dans le Tableau suivant, D est le degré Benoist; U représente, en volts, la différence de potentiel maximum appliquée au tube; *l* est la longueur de l'étincelle équivalente en centimètres; *i* indique l'intensité, en milliampères, du courant qui traverse l'ampoule; enfin ρ exprime le rendement pratique en unités V par hectowatt-heure dépensé dans l'ampoule.

Pour servir de termes de comparaison, on a, pour les tubes habituels, les données suivantes :

| | U. | *l*. | *i*. | 𝒬. | D. | ρ. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Tube Chabaud... | 78000 | 13 | 0,8 | 0,2 | 7 | 19 |
| Tube Pilon...... | 83000 | 14 | 2 | 0,2 | 7 | 7 |
| | 93000 | 16 | 5 | 0,4 | 7 | 5 |

| U. | *l*. | *i*. | 𝒬. | D. | ρ. |
|---|---|---|---|---|---|
| 13000... | 3 | 1 | 0,01 | 2 | 4,6 |
| | | 2 | 0,02 | 2 | 4,6 |
| | | 5 | 0,04 | 2 | 3,7 |
| | | 10 | 0,02 | 2 | 0,9 |
| | | 15 | 0,01 | 1,5 | 0,3 |
| 28000... | 4 | 1 | 0,12 | 3 | 26 |
| | | 2 | 0,22 | 3 | 23 |
| | | 5 | 0,50 | 3 | 22 |
| | | 10 | 0,78 | 2,5 | 17 |
| | | 15 | 0,86 | 2,5 | 12 |
| | | 20 | 0,66 | 2 | 7,2 |
| | | 30 | 0,08 | 2 | 0,6 |
| | | 35 | 0,01 | 1,5 | 0,1 |
| 41000... | 6 | 1 | 0,16 | 5 | 23 |
| | | 2 | 0,30 | 5 | 22 |
| | | 5 | 0,70 | 5 | 20 |
| | | 10 | 1,2 | 4,5 | 17 |
| | | 20 | 1,7 | 4 | 13 |
| | | 30 | 1,6 | 3 | 7,8 |
| | | 40 | 0,54 | 2 | 2,0 |

| U. | *l*. | *i*. | 𝒬. | D. | ρ. |
|---|---|---|---|---|---|
| 57000. | 9 | 1 | 0,22 | 6,5 | 23 |
| | | 2 | 0,40 | 6 | 21 |
| | | 5 | 0,96 | 6 | 20 |
| | | 10 | 1,7 | 6 | 18 |
| | | 20 | 2,5 | 5,5 | 13 |
| | | 30 | 2,9 | 5 | 10 |
| | | 40 | 3,1 | 4 | 8,4 |
| 73000. | 12 | 1 | 0,32 | 6,5 | 26 |
| | | 2 | 0,60 | 6,5 | 25 |
| | | 5 | 1,4 | 6,5 | 23 |
| | | 10 | 2,5 | 6,5 | 20 |
| | | 20 | 4,3 | 6 | 17 |
| | | 30 | 5,6 | 5,5 | 16 |
| | | 40 | 7,1 | 5,5 | 14 |
| 103000. | 18 | 1 | 0,58 | 7 | 34 |
| | | 2 | 1,1 | 7 | 32 |
| | | 5 | 2,7 | 7 | 31 |
| | | 10 | 4,9 | 7 [2] | 29 |
| | | 20 | 8,2 | 7 | 24 |
| | | 40 | 12,4 | 6 | 18 |

On voit que, *pour un certain voltage maintenu constant*, l'émission 𝒬 commence par croître avec le courant *i*; puis elle passe par un maximum et décroît jusqu'à devenir très petite [3].

[1] Les mesures d'ionisation et le réglage du tube Coolidge comportent une précision beaucoup plus grande que l'appréciation d'un changement de teinte.

[2] A ce régime, qui peut être maintenu sans crainte pour le tube, on obtient :
En filtrant le rayonnement par $0^{cm},5$ Al, $𝒬 = 0,7$ avec $D = 9$;
En filtrant le rayonnement par $1^{cm}$ Al, $𝒬 = 0,4$ avec $D = 10$.

[3] Si les courbes correspondant à des voltages élevées ($U > 50000$ volts) ne présentent pas de maximum, c'est que ceux-ci n'ont pu être atteints dans les conditions de l'expérience (puissance limitée du contact tournant, échauffement exagéré de l'anticathode).

Il faut attribuer cet effet à l'action exercée par l'ensemble des électrons sur chacun d'entre eux; lorsque l'intensité *i* devient trop grande, le tube se trouve en quelque sorte mis en court circuit, le rayonnement baisse considérablement à la fois au point de vue quantité et au point de vue qualité, principalement à cause de la diminution de vitesse des électrons.

*Il est donc faux* de prétendre : que la puissance rayonnée $\mathcal{P}$ croît toujours avec le courant *i* qui traverse l'ampoule; qu'à voltage U constant, le degré de pénétration D est indépendant de *i*; qu'à intensité I constante, la puissance rayonnée $\mathcal{P}$ est sensiblement indépendante de U; enfin qu'à voltage U constant, le rendement pratique $\rho$ passe par un maximum, lorsque *i* augmente.

3° Hétérogénéité du rayonnement. — Une autre erreur a consisté à soutenir que le rayonnement des tubes Coolidge est monochromatique, sous prétexte que les électrons arriveraient tous avec la même vitesse sur l'anticathode. Même si c'était le cas, tous ne seraient pas arrêtés de la même façon dans leur rencontre avec les molécules du tungstène. D'ailleurs, bien des causes peuvent différencier les vitesses des électrons (non constance de la différence de potentiel appliquée; rencontre avec les molécules du gaz, au nombre d'environ un trillion par centimètre cube; champs électrique et magnétique dus aux électrons et variables à l'intérieur du pinceau cathodique, etc.). Ces considérations se trouvent justifiées par l'étude de l'absorption par les métaux; si le rayonnement était monochromatique, la courbe d'absorption serait une exponentielle et le coefficient d'absorption devrait rester constant; or, pour des épaisseurs d'aluminium croissant de $0^{mm},1$ à $2^{mm}$, il varie :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pour le tube | Coolidge : | dans le rapport de | 1 à 0,43; |
| » | Pilon : | » | 1 à 0,36; |
| » | Chabaud : | » | 1 à 0,33. |

On peut donc affirmer que *le rayonnement du tube Coolidge n'est pas sensiblement plus homogène que celui des autres tubes :* ce qu'avait constaté de Broglie en l'étalant en spectre (¹).

Les conclusions pratiques, qu'on peut tirer de cette étude, sont les suivantes :

1° Le tube Coolidge est très stable; pour un voltage et un milliampérage donnés, le rayonnement X se maintient très longtemps, en conservant ses caractéristiques primitives (puissance totale émise et degré de pénétration).

2° Le tube Coolidge est très souple : il permet le passage immédiat du régime « mou » au régime « dur », aussi bien que le passage inverse.

3° Le rendement pratique du tube Coolidge est analogue à celui des autres tubes focus pour les rayons mous; mais il devient bien meilleur, dès qu'on lui applique de très grandes différences de potentiel.

(¹) *Comptes rendus*, t. 162, 1916, p. 596.

4° Enfin le rayonnement émis peut être considérable, plus de 20 fois celui des ampoules usuelles (application à la radiographie instantanée). Notamment, on peut obtenir avec des rayons 10° B la même puissance rayonnée qu'habituellement avec des rayons 7° B, ce qui offre un gros intérêt dans la radiothérapie des tissus profonds.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les acidylsemicarbazides.* Note (¹) de M. **J. Bougault**, présentée par M. Charles Moureu.

Les acidylsemicarbazides connus jusqu'ici, d'ailleurs très peu nombreux, ont été à peine étudiés; leur point de fusion et leur solubilité dans quelques dissolvants sont à peu près les seules indications qu'on possède sur chacun d'eux.

Je me suis proposé d'augmenter nos connaissances sur ce groupe de composés en utilisant les acidylsemicarbazides obtenus par la méthode que j'ai indiquée dans une Note précédente (²).

I. Ce sont en général des corps à point de fusion élevé (*loc. cit.*). Ils sont fort peu solubles dans l'eau froide (0g,30 pour 100 environ, pour le phénacétylsemicarbazide); la présence de soude ou de carbonate de soude diminue encore la solubilité. L'eau chaude les dissout un peu mieux. Ils sont insolubles dans le benzène, le chloroforme, l'éther de pétrole, peu solubles dans l'éther. L'alcool, qui les dissout assez bien à chaud et peu à froid, est le dissolvant le plus convenable pour leur purification.

II. L'addition de petites quantités d'acide chlorhydrique favorise leur dissolution dans l'eau en donnant des chlorhydrates, qu'on peut obtenir cristallisés par évaporation à l'air libre de la solution aqueuse. Ces chlorhydrates s'obtiennent souvent plus rapidement en dissolvant l'acidylsemicarbazide dans peu d'alcool à la faveur d'un petit excès d'acide chlorhydrique et facilitant la précipitation du chlorhydrate par addition d'éther sec.

Ce sont des sels bien cristallisés et stables. Ils répondent à la formule de monochlorhydrates, car ils contiennent exactement une molécule d'acide chlorhydrique pour une molécule d'acidylsemicarbazide.

---

(¹) Séance du 18 septembre 1916.

(²) *Comptes rendus*, t. 163, 1916, p. 237.

La détermination de l'acide chlorhydrique combiné se fait très simplement par titrage volumétrique avec la soude diluée en présence de phtaléine, cet indicateur n'étant pas influencé par les acidylsemicarbazides.

Ces chlorhydrates sont dissociés par l'eau, de sorte qu'ils ne se dissolvent facilement que par addition d'un petit excès d'acide chlorhydrique. Ils sont beaucoup plus solubles dans l'alcool et insolubles dans l'éther.

III. Les alcalis libres et les acides minéraux, dilués et bouillants, saponifient les acidylsemicarbazides comme ils le font des amides proprement dits. On obtient, d'une part, l'acide libre et, d'autre part, la semicarbazide ou plutôt ses produits de décomposition : hydrazine, acide carbonique et ammoniaque.

La saponification est lente ; en voici deux exemples :

1° A $10^{cm^3}$ d'eau, additionnés de $1^{cm^3},5$ de lessive de soude, on ajoute $0^g,20$ de benzoylsemicarbazide $C^6H^5.CO.NH.NH.CO.NH^2$ ; on porte à l'ébullition à reflux pendant 1 heure. Au bout de ce temps on retrouve encore une partie du benzoylsemicarbazide inaltérée. L'acidulation de la liqueur par l'acide chlorhydrique permet d'isoler l'acide benzoïque provenant de la saponification.

2° On enferme dans un tube scellé $5^{cm^3}$ d'eau, $5^{cm^3}$ d'acide chlorhydrique ($D = 1,17$) et $0^g,50$ de phénacétylsemicarbazide $C^6H^5.CH^2.CO.NH.NH.CO.NH^2$. Le tube est chauffé au bain-marie bouillant pendant 3 heures. A l'ouverture, légère pression due à l'acide carbonique. On retrouve $0^g,25$ de phénacétylsemicarbazide et, par acidulation chlorhydrique, on isole de l'acide phénylacétique. La présence d'ammoniaque et d'hydrazine dans les produits de la réaction a également été caractérisée.

IV. Les oxydants, qui attaquent et détruisent le groupe hydrazine, produisent une saponification plus rapide, presque instantanée : il en est ainsi des hypobromites et hypoiodites alcalins.

Dans $50^{cm^3}$ d'eau, additionnés de $1^{cm^3},5$ d'acide chlorhydrique, on dissout $0^g,50$ de phénylpropionylsemicarbazide $C^6H^5.CH^2.CH^2.CO.NH.NH.CO.NH^2$.

On verse la solution dans $8^{cm^3}$ de lessive de soude, de façon à obtenir un produit très divisé en suspension dans une liqueur alcaline. On ajoute alors de l'iode en excès. Après 10 minutes on acidule par l'acide chlorhydrique et l'on agite avec de l'éther; ce dissolvant évaporé abandonne l'acide phénylpropionique $C^6H^5.CH^2.CH^2.CO^2H$, dont on obtient la quantité théorique. L'hydrazine formée en même temps est détruite avec dégagement d'azote; quant au cyanate alcalin, on peut constater sa présence dans la solution, avant l'acidulation par l'acide chlorhydrique.

L'action de l'anhydride acétique sur les acidylsemicarbazides ne donne pas de dérivé acétylé. Il y a simplement saponification; c'est ainsi qu'en opérant avec le phénacétylsemicarbazide, je n'ai isolé que de l'acide phénylacétique.

V. Je me contente ici d'indiquer ces réactions d'une manière générale et simplement qualitative, des variations quantitatives s'observant avec chaque acidylsemicarbazide envisagé. Les détails concernant chacun d'eux trouveront leur place dans un Mémoire plus étendu qui paraîtra dans un autre Recueil.

ZOOLOGIE. — Sphæromicola topsenti *n. g. n. sp., Ostracode commensal d'Isopodes troglobies du genre* Cæcosphæroma. Note (1) de M. **P. Paris**, présentée par M. Y. Delage.

Sur les *Cæcosphæroma* des grottes du massif de la Côte-d'Or, j'ai rencontré fréquemment un petit Ostracode signalé pour la première fois par Racovitza (2) qui, l'ayant trouvé dans des tubes contenant des *Cæcosphæroma* récoltés par lui en septembre 1907, avait émis l'idée de son commensalisme avec ces Isopodes.

Cet Ostracode, pour lequel je propose le nom de *Sphæromicola topsenti* n. g. n. sp., est d'un blanc pur, devenant transparent aux appendices et parties minces.

La carapace en est glabre et paraît lisse et brillante aux plus forts grossissements, dans les deux sexes et à tout âge. Celle du mâle a une longueur moyenne de 440$^{\mu}$ sur une hauteur moitié moindre et une épaisseur de 125$^{\mu}$ au commencement de la deuxième moitié du corps. La face de la carapace est donc allongée, l'avant en est plus pointu que l'arrière qui est légèrement arrondi. Les deux valves sont très semblables entre elles, la gauche étant cependant un peu plus courte que la droite. L'avant présente une courbure moins accentuée que l'arrière, le bord dorsal est régulièrement convexe, le bord ventral étant presque droit. La carapace de la femelle mûre a, en moyenne, 415$^{\mu}$ de longueur sur un peu plus de moitié de hauteur, avec une épaisseur de 130$^{\mu}$ environ, dans la seconde moitié du corps. De face, l'avant en est assez pointu ; l'arrière, plus arrondi, présente de chaque côté, peu avant sa terminaison, un léger plissement. Les valves sont très peu différentes l'une de l'autre. L'avant et le bord dorsal en sont régulièrement arrondis, le bord ventral est légèrement concave. L'arrière, obliquement tronqué du haut vers le bord ventral et l'avant, montre en son milieu une échancrure plus ou moins développée due à un reploiement interne de la valve.

Les insertions des muscles adducteurs principaux forment quatre masses ellipsoïdes, horizontalement allongées et étroitement superposées.

(1) Séance du 11 septembre 1916.

(2) E. Racovitza, *Sphéromiens*, 1re série : *Biospeologica*, n° XIII (*Archives de Zool. expérim. et génér.*, 5e série, t. 4, mars 1910, p. 703).

Les antennules, peu longues, fortes, s'atténuant régulièrement, se composent de sept articles peu différents comme longueur les uns des autres, les quatre derniers portant quelques longues soies.

Les antennes, très robustes, à quatre articles, se terminent par une paire de fortes griffes crochues à base épaisse, dont l'une, chez le mâle, s'élargit à l'extrémité en un peigne oblique. Chez ce dernier, en outre, entre ces deux griffes, on voit un petit appendice claviforme. L'exopodite sétiforme du premier article, qui contient le conduit de la glande antennaire, n'atteint pas tout à fait l'extrémité de l'endopodite. La glande est grande, située très haut; sur le vivant, son contenu, vu par transparence, se présente sous la forme d'un globule brillant.

Il n'y a aucune trace d'yeux.

Les mandibules, longues, ont une gnathobase pourvue de cinq fortes dents pectinées. Le palpe, bien développé, se termine par un article spatulé, mince, légèrement recourbé, à extrémité arrondie finement dentelée. L'exopodite en est réduit à une longue soie.

Les maxilles, typiques, sont très simples. Un protopodite biarticulé, à base très large intimement soudée aux branches postérieures de l'hypostome, supporte deux appendices, l'un légèrement recourbé et aplati, obscurément divisé en trois articles, l'autre plus court, sétiforme, paraissant biarticulé.

Les trois paires de pattes, soutenues par un squelette bien développé, sont fortes, presque absolument identiques comme forme et augmentant fort peu de dimensions de la première à la troisième. Le premier article, à tête articulaire très nette, est legèrement renflé en son milieu; les trois autres, un peu plus minces, sont cylindriques, sensiblement de même diamètre; les deux derniers, courts, étant approximativement de même grandeur et d'environ le tiers du précédent. Au dernier article fait suite une griffe courte, assez faible, de longueur à peu près égale au diamètre de l'article qui la supporte; elle est fortement arquée et longuement pectinée. Les pattes du mâle ne se distinguent guère de celles de la femelle que par la présence d'une petite soie insérée au milieu du deuxième article.

Les organes génitaux externes sont bien développés. Chaque moitié de l'appareil copulateur mâle se compose d'une grosse masse piriforme, aplatie sur une face, avec, du côté mince, un crochet antérieur long, terminé en molette d'éperon et un crochet postérieur longuement conique, à pointe recourbée vers le dedans. A la base de ce dernier se trouve un petit lobe perpendiculaire et un peu au-dessus une large lame foliacée dentée.

Les lobes vaginaux de la femelle, bien développés au moment de la copulation, s'atrophient ensuite pendant la maturité, alors que s'amasse dans cette région un gros bouchon gélatineux.

Les œufs sont gros, elliptiques, blancs; ils mesurent en moyenne $125^{\mu}$ de longueur et ont une surface granuleuse.

*Sphæromicola topsenti* vit cramponné à la face inférieure des *Cæcosphæroma*, à la base des appendices, plus particulièrement de ceux de la partie antérieure du corps. Il est répandu, car je l'ai trouvé sur près des deux

tiers de ces Isopodes que j'ai pu examiner. Il est quelquefois isolé; le plus souvent on en rencontre plusieurs, habituellement de sexes et d'âges différents.

Des individus en copulation et des femelles mûres ont été trouvés dans toutes les récoltes, de mars à fin septembre.

Les œufs sont solidement fixés par le flanc, à l'aide d'une matière glutineuse abondante, isolément, sur les parties molles du tégument de la face inférieure de l'hôte. On n'en rencontre jamais qu'un petit nombre, trois ou quatre au plus, sur chaque Isopode; les pontes sont donc, comme le font supposer d'ailleurs les dimensions des œufs, peu copieuses ou longuement espacées.

Grâce aux matériaux de la magnifique collection de *Biospeologica* mis obligeamment à ma disposition par M. le Dr Racovitza, j'ai pu constater que l'Ostracode dont il est ici question est commensal des deux espèces de *Cæcosphæroma* actuellement connues : *Cæcosphæroma virei* Dollfus, du département du Jura, et *Cæcosphæroma burgundum* Dollfus, des massifs calcaires de la Bourgogne.

BACTÉRIOLOGIE. — *Action comparée des antiseptiques sur le pus et sur les cultures pures.* Note (¹) de M. **Auguste Lumière**, transmise par M. Roux.

Pour déterminer le pouvoir bactéricide des antiseptiques, on s'est généralement contenté jusqu'ici d'étudier l'action de ces produits sur des cultures pures, en bouillon, des différentes espèces microbiennes.

Or, en pratique, ces antiseptiques sont utilisés d'une manière toute différente puisqu'ils sont appliqués sur des plaies et mis en contact avec des bourgeons charnus, des exsudats et des liquides purulents sur lesquels ils réagissent en se détruisant avant d'avoir pu exercer leur action microbicide.

Les résultats fournis par l'expérimentation sur des cultures ne peuvent donc servir à évaluer la valeur réelle des agents bactéricides ni à préciser les doses auxquelles ils doivent être employés.

Nous avons déjà montré dans une précédente Communication (²) qu'avant

(¹) Séance du 18 septembre 1916.

(²) A. Lumière, *Action des hypochlorites sur le pus* (*Comptes rendus*, t. 162, 1916, p. 365).

de détruire les microbes, certains antiseptiques épuisent leur action en se combinant aux matières organiques du pus.

Dans une nouvelle série d'essais, nous avons cherché à déterminer l'importance relative de cette influence paralysante des substances albuminoïdes sur l'activité des antiseptiques. A cet effet, nous avons fait un prélèvement dans une collection purulente de la cuisse, consécutive à une blessure pénétrante par éclat d'obus et, après avoir constaté que le pus renfermait presque exclusivement du staphylocoque blanc, nous avons déterminé les proportions d'antiseptique nécessaire pour stériliser ce pus tel qu'il avait été prélevé, puis dilué au $\frac{1}{10}$ et au $\frac{1}{100}$ dans du sérum physiologique. Une détermination comparative a été faite sur des cultures résultant de l'ensemencement de ce pus en bouillon et enfin sur une culture pure de staphylocoque de même provenance.

Les essais ont été répétés avec trois antiseptiques différents empruntés aux trois classes principales de microbicides : l'un appartenant au groupe phénolique : l'acide phénique; le deuxième au groupe des métaux : l'hermophényl (¹) (que nous avons choisi parce qu'il ne précipite pas les matières albuminoïdes) et le troisième au groupe des oxydants : l'hypochlorite de soude.

Les principaux résultats de nos expériences sont consignés dans le Tableau suivant qui indique le poids en grammes d'antiseptique nécessaire pour stériliser 1¹ de pus ou de culture, après une durée de contact de 2 heures à l'étuve à 38°.

| | Pus concentré. | Culture de pus. | Culture pure. | Pus dilué au $\frac{1}{100}$. | Culture de pus au $\frac{1}{100}$. | Culture pure au $\frac{1}{100}$. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Phénol | 50 | 50 | 12,5 | 25 | 25 | 12,5 |
| Hermophényl | 5,50 | 2,10 | 1,60 | 0,65 | 0,50 | 0,50 |
| Hypochlorite de soude | 16,75 | 1,70 | 1,35 | 0,13 | 0,11 | 0,08 |

Nous pouvons tirer de ces chiffres les déductions suivantes : Aux limites de concentration et de temps où nous avons opéré, les matières albuminoïdes du pus atténuent d'une façon peu appréciable le pouvoir bactéricide du phénol; cette action est un peu plus marquée dans le cas de l'hermophényl et devient très importante pour l'hypochlorite.

Il faudra donc, dans le traitement des plaies suppurées par l'hypochlorite,

(¹) Mercure-phénol-disulfonate de sodium.

employer des solutions relativement concentrées si l'on veut compter sur une activité antiseptique suffisante.

D'autre part, comme nous l'avons démontré antérieurement ([1]), l'hypochlorite épuise son efficacité microbicide en oxydant les toxines du pus et joue ainsi un rôle favorable important dans les défenses de l'organisme contre les intoxications et la propagation des infections, avantage que ne présentent pas, tout au moins au même degré, les antiseptiques des groupes phénolique et métallique.

MICROBIOLOGIE. — *Variolisation des génisses immunisées contre la vaccine.* Note ([2]) de MM. **R. Wurtz** et **E. Huon**, présentée par M. A. Laveran.

On sait que la variole peut être inoculée à la génisse, mais que cet animal y est assez peu réceptif. Cette Note montre qu'il en va tout autrement chez les génisses vaccinées avec du vaccin jennérien, dans les conditions que nous allons indiquer.

La vaccination des génisses avec le vaccin jennérien leur confère, au bout d'un temps relativement court, une immunité durable.

Pour Ledeski (de Trieste), l'immunité apparaîtrait déjà le deuxième jour; pour Layet, le sixième jour. Les expériences précises et répétées de Kelsch, Camus et Tanon, ont montré qu'en inoculant une génisse chaque jour, pendant plusieurs jours de suite, avec le même vaccin jennérien, l'immunité se dessine déjà le troisième jour, qu'elle est acquise presque toujours le sixième jour, rarement le septième seulement. En tout cas, le huitième jour, il n'est pas douteux que l'immunité ne soit établie de façon absolue.

Ayant vérifié l'exactitude rigoureuse de ces données, nous avons, depuis 4 ans, inoculé la variole à des génisses, vaccinées 8 jours auparavant avec le vaccin jennérien, et nous avons réussi à déterminer chez elles une éruption variolique généralisée; mais, 15 jours après la vaccination, la variole ne prend plus; l'animal a la double immunité.

La preuve qu'il s'agit bien d'une éruption de variole légitime est fournie par l'évolution clinique de la maladie et l'aspect de l'éruption, par l'anatomie pathologique des éléments éruptifs et les résultats de leur inoculation au singe et au lapin.

([1]) A. Lumière, *loc. cit.*

([2]) Séance du 18 septembre 1916.

Cette variolisation ne réussit toutefois pas de façon constante, nous avons pu la provoquer cinq fois sur sept. C'est, croyons-nous, une question de virulence de la variole employée.

En revanche, des inoculations de vaccine jennérienne, faites chez ces génisses au même moment que l'inoculation variolique, sont restées constamment sans effet, ainsi qu'on devait s'y attendre.

De ces expériences on peut déduire, croyons-nous, des conclusions importantes :

Sans entrer dans le détail, il est permis de penser qu'avant d'immuniser contre la variole, le virus jennérien, après avoir immunisé les humeurs contre la vaccine, sensibilise au contraire ces humeurs vis-à-vis de la variole, mais pour un temps très court. En effet, la génisse, qui normalement est peu réceptive à l'inoculation de la variole, devient au contraire très réceptive si elle a été vaccinée 8 jours auparavant. Cinq fois sur sept, nous avons réussi à la varioliser dans ces conditions.

Ceci étant posé, il semble légitime de déduire de cette expérience que la variole et la vaccine sont dues à deux organismes différents.

Le sérum des animaux ainsi variolisés a donné les résultats les plus encourageants, chez le singe et chez l'homme, au point de vue du traitement de la variole.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Synthèse biochimique du propyl-d-galactoside α à l'aide d'un ferment contenu dans la levure de bière basse séchée à l'air.* Note (¹) de MM. **Em. Bourquelot** et **A. Aubry**, présentée par M. Moureu.

La levure de bière basse, séchée à l'air, contient, comme on sait, plusieurs ferments dont la séparation n'a jamais été faite, mais dont l'existence est, en quelque sorte, révélée par la diversité de certaines de ses propriétés.

C'est ainsi que le macéré aqueux de cette levure, possédant la propriété d'effectuer, d'une part, la synthèse et l'hydrolyse des alcoolglucosides α et, d'autre part, la synthèse et l'hydrolyse des alcoolgalactosides α, on est fondé à admettre que ce macéré renferme une *glucosidase α* et une *galactosidase α*.

Ces deux ferments sont d'ailleurs tous deux très sensibles à l'action destructive des alcools, et c'est pour cela que les synthèses des glucosides et des

(¹) Séance du 11 septembre 1916.

galactosides d'alcools, obtenues jusqu'ici à l'aide de ce macéré, n'ont pu être réalisées qu'en opérant dans des alcools d'un titre relativement faible.

Or l'alcool propylique normal possède à l'égard de la glucosidase α une grande toxicité (1). Il y avait donc intérêt, avant de procéder à un essai définitif de synthèse du propylgalactoside α, à rechercher s'il en est de même pour la galactosidase α, et à établir à quel titre cet alcool pourrait être employé sans que l'on eût à craindre de destruction de la galactosidase α au cours de l'opération.

En conséquence, on a fait sur ce sujet une série d'essais préliminaires. Ces essais, qui seront exposés dans un autre Recueil, ont montré que le ferment galactosidifiant est beaucoup plus résistant que la glucosidase α à l'action nocive de l'alcool propylique : tandis que ce dernier ferment est déjà détruit dans un milieu aqueux renfermant 16g à 18g d'alcool propylique pour 100cm³ (2), la galactosidase α paraît pouvoir exercer son action normalement et pendant longtemps dans un milieu en renfermant 25g et même 30g pour le même volume.

*Préparation du propyl-d-galactoside α :*

Dans ces conditions, on a employé le mélange suivant :

| | |
|---|---|
| Galactose cristallisé séché à l'air | 30g |
| Eau distillée | 1400cm³ |
| Macéré de levure basse séchée à l'air, à 20g par 100cm³ | 600cm³ |
| Alcool propylique normal | 750g |
| Eau distillée, q. s. p. f. | 3000cm³ |

Après avoir fait dissoudre le galactose dans les 1400cm³ d'eau, on a mélangé à la solution les 600cm³ de macéré, puis on a ajouté l'alcool propylique et enfin le reste de l'eau.

L'addition de l'alcool a provoqué la formation d'un abondant précipité qu'on a laissé dans le mélange. Celui-ci renfermait donc, pour 100cm³ : 1g de galactose, 25g d'alcool propylique et l'extrait aqueux préparé à froid de 4g de levure séchée. Il accusait au tube de 2dm une rotation de $+1°31'$.

On l'a abandonné à la température du laboratoire ($+16°$ à $+22°$) pendant un peu plus de 8 mois, en ayant soin d'agiter de temps en temps.

Le liquide filtré accusait alors une rotation de $2°9'$, rotation indiquant, d'après ce

---

(1) Em. Bourquelot et A. Aubry, *Influence du titre alcoolique sur la synthèse biochimique de l'éthylglucoside α et du propylglucoside α* (*Journal de Pharmacie et de Chimie*, 7e série, t. IX, 1914, p. 62).

(2) Em. Bourquelot et A. Aubry, *loc. cit.*

qu'avaient appris les essais préliminaires, que la réaction synthétisante pouvait être considérée comme à peu près terminée.

Pour extraire le galactoside formé, on a opéré comme il suit :

Le mélange filtré a été distillé à fond, au bain-marie à 50°-60°, sous pression réduite, puis on a repris le résidu à l'ébullition, d'abord par $100^{cm^3}$, puis par $200^{cm^3}$ d'alcool éthylique à 90°.

Les liqueurs alcooliques étaient fortement colorées en brun foncé; on les a distillées sous pression réduite. Le résidu pesait $28^g$ environ.

On a dissous ce résidu dans l'eau, on a déféqué la solution à l'extrait de Saturne, ce qui a fourni un liquide aussi coloré que les précédents, que l'on a distillé sous pression réduite jusqu'à obtention d'un extrait mou. On a épuisé cet extrait à trois reprises par de l'acétone en employant chaque fois $125^{cm^3}$ de dissolvant.

On a laissé reposer ces trois solutions pendant 24 heures, et on les a mélangées, ce qui a provoqué la formation d'un léger trouble. On a filtré, puis distillé au bain-marie, d'abord à la pression ordinaire pour retirer la majeure partie de l'acétone, puis sous pression réduite, jusqu'à siccité.

On a repris le résidu par $15^{cm^3}$ d'acétone pur, bouillant. L'extrait s'est dissous presque tout entier. On a filtré chaud et abandonné le liquide filtré au repos pendant 12 heures; le galactoside a cristallisé abondamment. On a recueilli les cristaux sur un petit filtre en essorant à la trompe; on les a lavés avec un peu d'acétone pure et on les a fait sécher dans le vide sulfurique.

Le produit ainsi obtenu était fortement coloré en jaune; il pesait $2^g,10$. On l'a purifié par deux cristallisations successives : la première en employant un mélange d'alcool absolu ($5^{cm^3}$), d'éther acétique ($15^{cm^3}$) et d'un peu de noir animal; la seconde en employant de l'éther acétique anhydre.

*Propriétés du propyl-d-galactoside α.* — Le propyl-*d*-galactoside α cristallise en lamelles étroites allongées, incolores, inodores, à saveur légèrement amère. Il est très soluble dans l'eau, assez soluble à froid dans l'alcool, peu soluble à froid dans l'alcool absolu, l'acétone et l'éther acétique, plus soluble à chaud dans ces derniers dissolvants. Chauffé lentement dans un tube fermé par un bout, il fond à + 134° (corr.).

Son pouvoir rotatoire, en solution aqueuse, à la concentration de $1^g,8664$ pour $100^{cm^3}$ et à + 21°, a été trouvé : $\alpha_D^{21°} = +179°,04$

$$(p = 0^g,4666;\ V = 25^{cm^3};\ l = 2;\ \alpha = +6°41').$$

Le propyl-*d*-galactoside α est facilement hydrolysé par l'acide sulfurique dilué à $3^g$ pour $100^{cm^3}$. L'opération a été faite à l'autoclave à + 106°-108° avec une solution acide renfermant $0^g,9332$ de galactoside, accusant une rotation de $+3°20'$ ($l = 2$).

En 2 heures 45 minutes, l'hydrolyse était complète; la rotation avait baissé à $+1°10'$ (théorie : $+1°12'$ en prenant + 80° comme pouvoir rota-

toire du galactose) et la solution renfermait $0^g,7330$ pour $100^{cm^3}$ de sucre réducteur (théorie : $0^g,7560$).

Le propyl-*d*-galactoside β est également hydrolysé par le macéré de levure basse desséchée à l'air, c'est-à-dire par le ferment qui a servi à en effectuer la synthèse; mais l'hydrolyse se fait très lentement.

A $10^{cm^3}$ de la solution aqueuse renfermant $1^g,8664$ de galactoside pour $100^{cm^3}$, on a ajouté $10^{cm^3}$ de macéré aqueux de levure basse à $1^g$ pour $100^{cm^3}$, puis quelques gouttes de toluène, et l'on a abandonné le mélange à la température ordinaire. La rotation, qui au début était de $+3°20'$, a passé en 5 jours à $+2°34'$, ce qui correspond à l'hydrolyse de 35,9 centièmes du galactoside.

La séance est levée à 16 heures.

G. D.

## BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

---

Ouvrages reçus dans les séances de juillet 1916.

*Nouvelles Tables trigonométriques fondamentales* (*valeurs naturelles*), par H. Andoyer, t. II. Paris, Hermann, 1916; 1 vol. in-4°. (Présenté par M. Darboux.)

*Flore générale de l'Indo-Chine*, publiée sous la direction de H. Lecomte, t. II, fasc. 3 : *Légumineuses : Cæsalpinées* (fin), *Papilionées*, et fasc. 4 : *Légumineuses : Papilionées*, par F. Gagnepain. Paris, Masson, 1916; 2 vol. in-8°.

*Un demi-siècle de civilisation française*, par MM. Baillaud, Boutroux, Chailley, Doumic, Gérard, Langlois, de la Sizeranne, de Launay, Lecomte, Lemoine, Raphaël-Georges Lévy, Painlevé, Perrier, Picard, Poincaré, Richet, Schneider. Strauss, Viger, Widor. Paris, Hachette, 1916; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Émile Picard.)

*Les Allemands et la Science*, par Gabriel Petit et Maurice Leudet, préface de M. Paul Deschanel. Paris, Alcan, 1916; 1 vol. in-12. (Présenté par M. Edmond Perrier.)

*Spitsbergen Waters. Oceanographic observations during the cruise of the « Veslemöy » to Spitsbergen in* 1912, by Fridtjof Nansen. Christiania, Jacob Dybwad, 1915; 1 vol. in-8°.

*Études de Lépidoptérologie comparée*, par Charles Oberthür, fasc. XI et fasc. XII (1re partie). Rennes, Oberthür, 1916; 2 vol. in-8°. (Présenté par M. Bouvier.)

*Les origines naturelles de la guerre. Influences cosmiques et théorie anticinétique. La Paix par la Science*, par le Dr Raphaël Dubois. Lyon, Georg, 1916; 1 fasc. in-8°. (Présenté par M. Charles Richet.)

*A travers le monde vivant*, par Edmond Perrier. Paris, Flammarion, 1916; 1 vol. in-12. (Présenté par l'auteur.)

(*A suivre.*)

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 2 OCTOBRE 1916.

PRÉSIDENCE DE M. CAMILLE JORDAN.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

### DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur des fonctions de deux variables complexes restant invariables par les substitutions d'un groupe discontinu.* Note de M. **ÉMILE PICARD.**

J'ai récemment étudié (*Comptes rendus*, 18 septembre 1916) un groupe discontinu, relatif à deux variables complexes, correspondant à une forme quadratique ternaire. Je vais maintenant m'occuper de la formation de fonctions restant invariables par les substitutions de ce groupe. J'emploie les notations de ma précédente Communication.

1. Montrons d'abord que la série

$$\sum \frac{1}{|R_3|^3}, \tag{1}$$

où la sommation est étendue à toutes les substitutions du groupe, est convergente. Envisageons, à cet effet, un point réel $(u_0, v_0)$ à l'intérieur du cercle $\Gamma$ de rayon *un* ayant son centre à l'origine; nous pouvons prendre ce point de manière que la substitution unité soit la seule transformant le point en lui-même. Traçons autour de ce point une petite aire $\delta_0$; les substitutions du groupe transformeront cette aire en une suite infinie d'aires $\delta_1, \delta_2, \ldots$. Si l'aire $\delta_0$ est assez petite, les aires $\delta$ sont toutes extérieures les unes aux autres. Leur somme est finie puisqu'elle est moindre que l'aire du cercle $\Gamma$, et elle est représentée par l'intégrale

$$\iint dU\, dV$$

étendue à toutes les aires $\delta$. On transforme de suite cette intégrale en la suivante

$$\iint \sum \frac{1}{|M_3 u + P_3 v + R_3|^3} du\, dv, \tag{2}$$

la sommation $\Sigma$ étant étendue à toutes les substitutions du groupe, et l'intégrale double étant relative à l'aire $\delta_0$. Mais, d'après ce que nous avons vu antérieurement, on peut poser

$$\frac{1}{|M_3 u + P_3 v + R_3|} = \frac{A}{|R_3|},$$

A étant une quantité positive, dépendant de $u$ et $v$, mais restant, quand le point réel $(u, v)$ est à l'intérieur d'une aire entièrement comprise dans le cercle $\Gamma$, entre deux limites fixes, positives et différentes de zéro. Il est donc évident, d'après la convergence de (2), que la série (1) est convergente.

2. Ce point établi, nous allons considérer les séries qui, dans la théorie des groupes hyperfuchsiens généraux, nous ont conduit aux fonctions hyperfuchsiennes

$$\Sigma R(U, V) \frac{1}{(M_3 u + P_3 v + R_3)^{3m}}, \tag{S}$$

U et V correspondant à la substitution générale, et la sommation étant étendue à toutes les substitutions du groupe; l'entier positif $m$ peut ici être égal à l'unité. R représente une fonction rationnelle. Envisageons les points $(u, v)$ pour lesquels

$$u_2^2 + v_2^2 - (u_1 v_2 - u_2 v_1)^2 \neq 0. \tag{3}$$

Je dis que pour ces points la série S est convergente (en laissant au besoin de côté un nombre fini de termes), si l'on prend pour $R(u, v)$ une fonction rationnelle de $u$ et $v$, restant finie pour les points de la *courbe* (C) correspondant aux équations

$$u_2 = 0, \qquad v_2 = 0, \qquad u_1^2 + v_1^2 = 1. \tag{C}$$

D'après ce que nous avons vu à la fin du paragraphe 3 de notre précédente Note, on peut, pour $(u, v)$ donné, trouver un nombre positif K non nul, tel que (sauf peut-être pour un nombre limité de substitutions) on ait

$$|M_3 u + P_3 v + R_3| > K |R_3|.$$

De plus, sauf peut-être aussi pour un nombre limité de substitutions, le

module de R(U, V) est inférieur à un nombre assignable, puisque les points (U, V) se rapprochent indéfiniment de la courbe C. La convergence de la série (S) est alors immédiate, et dans une région où l'inégalité (3) est vérifiée, la fonction ainsi représentée a, à distance finie, le caractère d'une fonction rationnelle.

3. Les raisonnements précédents ne sont plus valables pour les points de la *surface* représentée par l'équation

$$(u_2 v_1 - u_1 v_2)^2 - (u_2^2 + v_2^2) = 0, \tag{4}$$

quoique pour ces points le groupe, comme nous l'avons vu, soit encore discontinu (sous la condition $u_2^2 + v_2^2 \neq 0$). Je ne puis rien affirmer dans ce cas, sauf, bien entendu, dans l'hypothèse où l'on aurait

$$u_2 = 0, \quad v_2 = 0, \quad u_1^2 + v_1^2 < 1,$$

pour laquelle la série converge.

La surface précédente partage en deux parties l'espace à quatre dimensions correspondant aux deux variables complexes $u$ et $v$. On peut remarquer que le domaine D considéré au début de l'article précédent, pour lequel on a

$$u_1^2 + v_1^2 < 1,$$

est situé dans le demi-espace correspondant à l'inégalité

$$(u_2 v_1 - u_1 v_2)^2 - (u_2^2 + v_2^2) < 0.$$

Il serait intéressant d'étudier sur la surface (4) la fonction représentée par la série S.

Avec les séries S on forme immédiatement des fonctions restant invariables par les substitutions du groupe considéré.

## GÉOGRAPHIE. — *La déclaration de Louis XIII relative au premier méridien.* Note de M. G. BIGOURDAN.

Cette déclaration, dont la date est souvent mal indiquée ([1]), est du 1er juillet 1634. Elle suivit donc de quelques jours seulement la conférence

([1]) Lalande (*Astronomie*, 1792, t. 1, p. 17) dit qu'elle est du 25 avril 1634, et il avait déjà indiqué cette date dans l'ENCYCLOPÉDIE MÉTHODIQUE, *Mathématiques*, 1784, au mot *Longitude* (p. 329). Induit ainsi en erreur, j'ai longtemps cherché vainement le texte de cette déclaration. Lalande a confondu la vraie date avec celle d'une réunion des commissaires chargés d'étudier la question.

où fut discutée la proposition de J.-B. Morin sur le problème des longitudes.

Y eut-il quelque relation entre la conférence et la déclaration? Aucun document ne l'indique; mais beaucoup de commissaires de la conférence figurent parmi ceux qui préparèrent la déclaration.

On lit, en effet, dans la *Gazette*, n° 32, du 22 avril 1634, p. 610 [160] :

Hier s'assemblèrent dans l'Arsenal, par commission de Son Eminence, le Commandeur de la Porte son Lieutenant Général pour le Commerce et Navigation, et les sieurs Fouquet et de Lauson Conseillers d'Estat; pour déterminer l'endroit où doit estre placée la vraye ligne meridionale : hors de laquelle tout est de bonne prise : et éviter par ce moyen les plaintes ausquelles les divers avis des Cosmographes, et les interests particuliers donnent lieu.

Sans doute la Commission s'assembla plusieurs fois, car le journal revient en ces termes dans son n° 40, daté du 29 avril 1634 (p. 168) :

Le 25. se rassemblèrent dans l'Arsenal les Commissaires nommez pour le fait du vrai méridien, en présence desquels le Commandeur de Villegagnon, l'Abbé du Chastelet, les sieurs Midorge, Paschal, Erigone, Grammont, Beaugrand et autres, versez ez Mathematiques; ensemble les sieurs Bauquemare, de Beaulieu, et les Capitaines Martin, Lettier, Bragneau, du Quaisne et autres experimentez au fait de la marine, furent d'avis conformément à l'opinion de Ptolémée, et mesme d'André Garcia de Cespedes, Cosmographe majeur du Roy d'Espagne, au chap. 52 du *Regimiento de Navigation*, que la ligne du vrai méridien devoit passer par les Canaries, et particulièrement par l'isle de fer, comme estant la plus Occidentale de ces isles. Et pour la ligne du costé du Sud, qu'il la faloit placer au tropique de Cancer.

On va voir que la déclaration ne vise pas un but scientifique, contrairement à ce que l'on pourrait croire si l'on oubliait quelles étaient les vues du temps; c'est un acte de police maritime destiné à fixer un point important de droit commercial.

A défaut de l'original, je la reproduis d'après un imprimé in-12 de quelques pages, de Séb. Cramoisy qui, à la date de juillet 1634, avait obtenu un privilège exclusif pour son impression; cet exemplaire se trouve aux Archives nationales (1) où il est accompagné d'un autre, d'impression différente; j'ai emprunté au second une variante donnée en note.

---

(1) AD +, n° 229.

« DÉCLARATION DU ROY, PORTANT DÉFENSES A SES SUJETS D'ENTREPRENDRE SUR LES ESPAGNOLS ET PORTUGAIS AU DEÇA DU PREMIER MÉRIDIEN

« LOUIS par la grâce de Dieu Roy de France et de Nauarre, à tous ceux qui ces presentes lettres verront, Salut. Les principaux Marchands de de nostre Estat, et autres de nos Sujets, qui s'adonnent à la Nauigation, nous ont remonstré que dedans ([1]) les Costes et Ports d'Espagne, depuis quelques années les Espagnols et Portugais ont voulu entreprendre sur leurs Vaisseaux, allans ou retournans des Indes et de l'Amerique, sans considerer que la voye d'hostilité n'est permise aux uns et aux autres qu'au delà du premier Meridien pour l'Occident, et du Tropique de Cancer pour le Midy; et comme la legitime defense ne peut estre prohibée à nos Sujets, et que mesmes il leur est loisible par nos Ordonnances de s'armer contre ceux qui leur empeschent la liberté du Commerce et de la Nauigation; Ils nous ont requis de leur donner permission de prendre en mer lesdits Espagnols et Portugais allans et retournans desdites Indes, et païs de l'Amerique, en quelque lieu qu'ils les rencontrent. SURQUOY desirant leur faire entendre nostre volonté, pour empescher que par quelque action violente ils ne vinssent à troubler, cōtre nostre intention, la bonne correspōdance en laquelle nous voulons demeurer, et par ce moyen tomber en nostre indignation. SÇAVOIR faisons que de l'aduis de nostre cher et bien amé cousin le Cardinal Duc de Richelieu, Pair, Grand-Maistre, Chef et Sur-Intendant General de la Nauigation et Commerce de France, NOUS AVONS par ces présentes nos Lettres de Declaration signées de nostre main, fait et faisons tres-expresses inhibitions et défenses à nos Sujets de quelque qualité et condition qu'ils soient, faisans voyages par mer, d'attaquer ny courir sus aux Nauires Espagnols et Portugais qu'ils trouuerront, pour l'Occident au deçà du premier Meridien, et pour le Midy au deça du Tropique de Cancer; voulant que dans les espaces desdites lignes nos Sujets laissent et souffrent librement aller, traitter, et nauiguer lesdits Espagnols et Portugais, mesmes allans ou retournans des Indes et Païs de l'Amerique, sans leur faire, ny donner aucun trouble ny empeschement en leur nauigation, ny autrement, pourueu que nos Sujets reçoiuent d'eux à l'aduenir

([1]) *Variante :* que dedans l'estenduë des lignes des amitiez et alliances et jusques dedans les costes et ports d'Espagne, ....

pareil traittement, et qu'il ne soit rien entrepris sur eux par lesdits Espagnols et Portuguais au deçà desdites lignes; sauf à nosdits Sujets d'entreprendre, comme par le passé, à l'encontre desdits Espagnols et Portuguais au delà des dites bornes, ainsi qu'ils trouueront leurs aduantages, iusques à ce que lesdits Espagnols et Portuguais ayent souffert le Commerce libre à nosdits Sujets en l'estendüe desdites terres et mers des Indes et de l'Amerique, et leur ayent donné libre entrée et accez, pour cét effect, dans tous lesdits païs, et dans les Ports et Haures d'iceux, pour y traitter et negocier ainsi qu'au deçà desdites lignes. VOULONS que les Capitaines de Nauires estans de retour de leurs voyages, en payant les droicts pour ce deubs et faisans apparoir que les Vaisseaux par eux attaquez, ont esté pris au delà du premier Meridien pour l'Occident, et du Tropique de Cancer pour le Midy, ils soient et demeurent paisibles des prises qu'ils auront ainsi faites sur lesdits Espagnols et Portuguais, sans que pour raison de ce, lesdits Capitaines, Matelots, Armateurs, Auitailleurs, et Bourgeois en puissent estre recherchez, pour quelque cause ou occasion que ce soit, ou puisse estre. Et afin que plus facilement on puisse iuger si les prises auront esté bien ou mal faites, et que le premier Meridien, auquel ont esté bornées les amitiez et alliances, soit mieux recognu qu'il n'a esté depuis quelque temps; et apres que nostredit Cousin s'est fait informer par personnes capables et experimentez au faict de la Nauigation; Nous faisons inhibitions et defenses à tous Pilotes, Hydrographes, Compositeurs et Graueurs de cartes ou globes geographiques, d'innouer et changer l'ancien establissement des Meridiens, ny constituer le premier d'iceux ailleurs qu'en la partie la plus Occidentale des Isles Canaries, conformément à ce que les plus anciens et fameux Geographes en ont determiné; et partant voulons que desormais ils ayent à recognoistre et placer dans leursdits globes et cartes ledit premier Meridien en l'Isle de Fer, comme la plus occidentale desdites Isles, et conter de là le premier degré des longitudes en tirant à l'Orient, sans s'arrester aux nouuelles inuentions de ceux qui par ignorance et sans fondement l'ont placé aux Açores, sur ce qu'en ce lieu aucuns Nauigateurs auroient rapporté l'éguille n'auoit point de variation, estant certain qu'elle n'en a point en plusieurs autres endroits, qui n'ont iamais esté pris pour le premier Meridien. SI DONNONS EN MANDEMENT à nos amez et feaux Conseillers les gens tenans nos Cours de Parlement, que ces presentes nos Lettres de Declaration ils facent lire, publier et enregistrer chacun endroit soy, et le contenu en icelles garder et obseruer selon sa forme et teneur. Car tel est nostre plaisir. En tesmoin de quoy nous

auons foit mettre nostre seel à cesdites presentes. DONNÉ à Sainct Germain en Laye le premier Iuillet l'an de grace mil six cens trente quatre, et de nostre Regne le vingt-cinq.

*Signé*, LOUIS.

« Et sur le reply :

Par le Roy, BOVTHILLIER.

« Et seellé sur double queuë de cire jaune.

« *Leuës, publiées et registrées, ouy ce requerant le Procureur general de Roy, pour estre executées, gardées et observées selon leur forme et teneur : et que coppies collationnées aux originaux d'icelles seront enuoyées aux Baillages, Seneschaussées, Iuges, Officiers de la Marine et Admirauté, pour y estre pareillement luuës, publiées et registrées, ensemble sur les Ports et Haures; executées, gardées et observées à la diligence des Substituts dudit Procureur general, ausquels est enioint d'y tenir la main, et en certifier la Cour auoir ce faict à deux mois. A Paris en Parlement le vingtseptiesme Iuillet mil six cens trente quatre.*

*Signé*, DU TILLET. »

Le choix de ce méridien ne paraît pas avoir été abrogé, du moins explicitement, qu'à l'époque de la fondation du calendrier républicain; mais comme la longitude de l'île de Fer était mal connue, G. Delisle la supposa de 20° exactement à l'ouest de l'Observatoire de Paris. Le choix de ce nombre rond étant déjà une manière de changement; et, en fait, à partir des grands travaux géographiques et géodésiques exécutés par les astronomes français de la seconde moitié du XVII^e siècle, le méridien de l'Observatoire de Paris fut employé à peu près seul en France.

PHYSIQUE. — *Sur la propagation à grande distance du bruit de la canonnade du front.* Note de M. G. BIGOURDAN.

Cette canonnade est l'origine de bruits divers, produits les uns par l'onde de bouche ou par l'onde de choc des canons, les autres par l'explosion des obus ou des mines.

Certains de ces bruits se propagent incontestablement à de grandes distances, $200^{km}$ à $300^{km}$, mais on n'est pas d'accord sur la manière dont ces distances sont franchies.

Parmi les observations qu'on a bien voulu m'envoyer de divers côtés, il

en est une qui paraît de nature à éclairer cette question, et je la rapporte dans l'espoir d'en susciter d'autres analogues.

Elle a été faite par un ingénieur, âgé de 52 ans, rendu totalement sourd depuis l'âge de 6 ans par suite d'une méningite cérébro-spinale. Même placé à côté d'une locomotive qui siffle, il ne perçoit qu'une douleur aiguë au tympan, douleur qui cesse immédiatement, malgré la continuation du sifflement.

Depuis plus de 20 ans il a eu l'occasion de constater que, lorsqu'il se trouve à $1000^m$ ou $1500^m$ d'un canon actif, il perçoit deux coups successifs, transmis l'un par le sol et l'autre par l'air. Ce dernier affecte particulièrement le thorax.

Dans une pièce sans tapis où l'on joue du piano, il perçoit toutes les notes basses par le sol, jusqu'aux environs de $ut_3$.

Au début de l'offensive de la Somme, et en y prêtant attention, de la banlieue de Paris où il habite, il a senti la vibration pendant la canonnade; il ne perçoit d'ailleurs que les coups les plus sourds; en outre, il les perçoit *au même instant* qu'une oreille ordinaire.

A la distance de $120^{km}$ qui le séparent du front de la Somme, il exclut totalement la voie de l'air et du thorax pour l'arrivée de ce qu'il sent; c'est donc par le sol que cela lui doit parvenir, et par suite il en est de même pour l'oreille normale, qui perçoit en même temps.

On voit combien de telles observations sont de nature à éclairer la question qui nous occupe; aussi est-il très désirable qu'il en soit fait et publié d'autres analogues.

GÉOLOGIE. — *Le Crétacé et le Tertiaire aux environs de Thones (Haute-Savoie).* Note de M. **H. Douvillé**.

Les montagnes de la région d'Annecy doivent leur caractère si pittoresque à l'existence d'une puissante assise de calcaires urgoniens qui, plissés et relevés sous des angles divers, donnent tantôt des plateaux aux escarpements gigantesques comme le Parmelan, tantôt des chaînes aux arêtes aiguës dirigées habituellement du SO au NE.

C'est au pied d'une de ces chaînes que s'étend la petite ville de Thones; les calcaires urgoniens sont relevés là sous un angle de presque 70°; ils s'élèvent à $2370^m$ au sud à la Tournette, se continuent par la montagne de Cottagne, puis par le roc de Thones ($1412^m$), le mont Lachat ($2028^m$) et se

prolongent au Nord jusqu'à la vallée de l'Arve. Cette chaîne forme le bord occidental du grand synclinal du Reposoir.

Contre cette chaîne viennent s'appuyer en concordance les formations plus récentes. Dès 1848 Murchison (¹), à la suite d'une excursion faite avec Pillet de Chambéry, signalait au Calvaire de Thones les couches suivantes : à la base un complexe de schistes noirs, de calcaires impurs et de calcaires sableux verdâtres, avec les *Rhynchonelles* du Greensand, qu'il attribue au Gault; au-dessus un calcaire jaunâtre surmonté d'un calcaire compact de couleur crème où il signale *Inoceramus Cuvieri*, représentant la craie supérieure; puis un calcaire brun avec *Nummulites* et *Pecten* recouvert par un calcaire corallien concrétionné, et par un calcaire compact, au-dessus duquel se développe la formation bien connue du Flysch alpin.

Les géologues qui sont venus après lui n'ont pu que confirmer cette description très exacte et très précise, en y ajoutant quelques détails : Maillard, en 1889 (²), dit que la coupe n'est plus aussi nette qu'à l'époque de Murchison ; il ajoute une coupe relevée en montant à Mont Jean (³), où il signale le calcaire nummulitique, des schistes gris représentant, dit-il, le Gault et l'Albien, puis à Mont Jean un beau gisement de fossiles du Gault, recouvert par le Nummulitique, avec intercalation d'une couche de craie de $0^{m},70$ d'épaisseur.

M. le professeur Jacob a redonné en 1907 (⁴) une coupe du terrain crétacé du Calvaire de Thones; il est assez difficile de la rapprocher de celle de Murchison : il signale un grès jaunâtre pétri d'une *Rhynchonelle* qu'il rapproche d'une espèce commune à Clansayes (*Rh.* cf. *polygona*) et plus haut « un banc de poudingue à ciment clair glauconieux, les blocs agglomérés étant au contraire de couleur noire ». Il a revu le gisement du Mont Jean : sur la couche à Rhynchonelles, dit-il, reposent des schistes noirs dont le lit inférieur est très fossilifère et renferme en abondance *Parahoplites Milleti* et *Leymeriella tardefurcata;* au-dessus il signale $2^{m}$ à $3^{m}$ de

(¹) *Quart. Journal*, 13 décembre 1848, p. 185.

(²) *Bulletin des services de la Carte géologique de France*, n° 6, novembre 1889, p. 16.

(³) Les noms de lieux cités dans cette Note ont besoin d'être rectifiés, ainsi Mont Jean est écrit à plusieurs reprises Mont Jeon; Forclaz est vraisemblablement pour Faitelaz (ou Faitelai); quant à La Cour, c'est un groupe de chalets situé non dans la hauteur, mais tout au bas de la pente près de la route.

(⁴) *Étude pal. et strat. sur la partie moyenne des terrains crétacés dans les Alpes françaises et les régions voisines*, p. 221 ; Grenoble, 1907.

schistes, puis le banc gréso-calcaire dur qui termine le Gault sous la craie.

Je dirai de suite que je ne suis pas tout à fait d'accord avec mon savant confrère sur l'interprétation de cette coupe : les schistes noirs renferment *Ex. aquila* et sont aptiens, et la couche à Ammonites m'a paru être à la partie tout à fait supérieure des grès albiens.

Je vais reprendre avec plus de détails cette coupe de la montée du Mont Jean dont la partie inférieure est plus nette aujourd'hui, grâce à un chemin neuf en lacets qui a été tracé jusqu'au Faitelai, et qui, sur quelques points, a un peu entaillé le terrain.

En quittant la route, on monte d'abord sur le dos des calcaires durs à Nummulites, plus ou moins corrodés par les agents atmosphériques. Avant le chalet neuf (Faitelai inférieur), on voit ces calcaires reposer directement sur les calcschistes noirs de l'Aptien. Au delà, avant le groupe principal de chalets (Faitelai moyen), les calcaires urgoniens à Rudistes apparaissent sous les calschistes, qui présentent des intercalations de bancs calcaires; l'un d'eux présentait une empreinte d'Ammonite que je n'ai pas pu dégager et qui m'a semblé pouvoir être rapportée à *Amm. Deshayesi*.

Le chemin neuf s'arrête un peu avant les chalets; au delà le sentier continue à s'élever et franchit un petit ravin : sur le côté droit, le chemin entaille les schistes aptiens avec *Exogyra aquila;* ils présentent à la partie supérieure un banc calcaire avec gros nodules où j'ai recueilli *Terebratula cantabrigiensis* (¹). Sur le côté opposé affleurent les grès durs du Gault, piquetés de glauconie. Immédiatement après on arrive à la dernière maison du Faitelai, où le sentier du Lachat bifurque sur la gauche. Celui qui conduit au Mont Jean continue presque de niveau, et c'est là qu'affleurent les couches à Ammonites signalées par Maillard, à la partie supérieure des grès où j'ai recueilli *Ter. Dutemplei* race *elongata*, à rapprocher d'un échantillon des grès inférieurs de la Perte du Rhône, figuré par Pictet et Roux (grès verts, *Pl.* 51, *fig.* 2), et rappelant, disent ces auteurs, la *Ter. prælonga* du Néocomien.

Les Ammonites elles-mêmes sont en phosphate de chaux et très fragiles;

---

(¹) Les Térébratules biplissées du Crétacé inférieur sont souvent confondues sous la dénomination du *Ter. Dutempleana* d'Orb.; elles sont cependant de types assez divers. L'échantillon dont il est ici question se distingue par ses deux plis très rapprochés; il est presque identique à un de ceux qui ont été figurés par de Loriol de l'Aptien (Sainte-Croix, *Pl.* 205, *fig.* 2), sous ce nom. Une forme semblable a été également figurée par Davidson en 1874 (Suppl. brit. foss. : Brach., *Pl.* 4, *fig.* 8-10) comme *Ter. cantabrigiensis* (= *T. depressa*, var. *cantabrigiensis* Walker).

presque toutes se rapportent à *Amm. Milleti*, j'ai recueilli en outre en fragments *Amm. latidorsatus* et quelques Gastropodes. Au delà on franchit un deuxième ravin où affleure le banc de grès ferrugineux qui remonte plus haut en suivant à peu près la pente du terrain. Le Nummulitique reparaît immédiatement après aux chalets de Mont Jean.

Le mince banc de craie signalé par Maillard m'a échappé, mais il est certain que des couches plus élevées affleurent dans les environs, car j'ai observé dans les éboulis à la Vacherie un assez gros bloc presque entièrement formé de phosphate de chaux avec très nombreuses *Amm. tardefurcatus* et quelques *Amm. latidorsatus*. La gangue ici n'est plus gréseuse, mais elle est formée d'un calcaire glauconieux très foncé. Examiné en lames minces, il se montre comme un calcaire finement grenu, avec nombreux grains de quart anguleux (quartz de granite), nombreux grains de glauconie et de phosphate de chaux, ce dernier se présentant aussi quelquefois en imprégnation et en traînées; enfin on observe également des grains beaucoup plus petits d'oxyde de fer. Les Foraminifères y sont très rares et représentés seulement par des *Textulariidés*. Un autre fragment, également hors de place, est constitué par un véritable poudingue de nodules phosphatés dans une craie glauconieuse. Ce poudingue a une grande extension dans la région : il a été signalé par Jacob (*loc. cit.*, p. 223), un peu plus au Nord à la Goudinière, où il le considère comme représentant la zone *Amm. inflatus;* le même auteur l'a également observé au Calvaire de Thones, mais sans reconnaître sa vraie nature.

Reprenons en effet la coupe de ce dernier point, en montant par le sentier en lacets derrière la gare. On est d'abord sur les calcaires urgoniens; on recoupe ensuite les calcschistes aptiens, puis les grès du Gault piquetés de glauconie, tantôt durs, mais devenant quelquefois sableux par dissolution du ciment calcaire; c'est le gisement des *Rhynchonelles* signalées par Murchison et par Jacob. Les fossiles paraissent assez nombreux mais presque impossibles à dégager; j'y ai cependant reconnu un Inocérame voisin de l'*In. concentricus*.

Au-dessus affleure le poudingue signalé par Jacob « à ciment clair glauconieux, les blocs agglomérés étant au contraire de teinte noire ».

Ces blocs, ou plutôt ces nodules, sont du *phosphate de chaux,* et la gangue examinée en lames minces est constituée par un calcaire à grain extrêmement fin avec très nombreux grains de glauconie, quelques grains de quartz anguleux et des fragments de phosphate de chaux de formes et de grosseurs très variables. Les Foraminifères y sont très abondants, princi-

palement les *Globigérines;* ces mêmes Foraminifères se retrouvent dans les fragments de phosphate de chaux, qui quelquefois sont plus riches en grains de quartz que la gangue elle-même.

L'apparition des Globigérines indique que la mer s'est largement ouverte vers le Sud, permettant ainsi l'arrivée d'un courant chaud analogue au gulfstream actuel. C'est une nouvelle période commençant avec le Vraconnien, comme on l'a vu plus haut d'après la coupe de la Goudinière, et qui se prolongera pendant toute la craie supérieure. Ces dépôts sont bien différents des couches gréseuses du Gault; quant au gisement des Ammonites phosphatées, il paraît faire défaut dans la coupe du Calvaire.

Au-dessus du poudingue phosphaté et de la craie glauconieuse se développent les couches de la craie proprement dite avec le faciès des couches de Seewen; elle est de couleur très claire, presque blanche, et renferme surtout des fragments d'*Inocérames;* en lames minces elle présente de nombreuses *Globigérines* et d'innombrables *Lagena* (Fissurina).

La même succession de couches doit affleurer plus au Sud au-dessus de Chamossière : j'ai en effet recueilli, dans les éboulis, les grès albiens à *Rhynchonella sulcata,* le poudingue phosphaté et la craie à *Lagena,* tantôt blanche, tantôt rouge. Même succession également sur le chemin pittoresque qui monte du château au Cluz au vallon du Nant debout, au-dessus de la cascade de Morette : l'Urgonien est surmonté par les schistes et les grès du Crétacé inférieur; au-dessus les couches de la craie supérieure sont bien développées, elles présentent à la base le poudingue phosphaté; au sommet elles sont franchement rouges avec taches grises et j'ai recueilli dans ces couches un *Ananchite* bien caractérisé; les fragments d'*Inocérames* y sont très nombreux comme d'habitude. On sait que *Belemnitella mucronata* a été signalé dans le même système de couches.

L'examen des différentes assises que je viens de signaler montre qu'elles se modifient d'une manière continue, depuis les grès du Gault, par la disparition progressive des grains de quartz, et enfin par l'apparition des Globigérines. Celles-ci indiquent, comme je l'ai dit, une mer largement ouverte vers le Sud et par conséquent *en continuité* avec les dépôts situés plus au Sud. Une interruption de la sédimentation entre ces couches à Globigérines du Vraconnien et les couches également à Globigérines de la craie supérieure est bien peu vraisemblable. Il est donc très probable que ces assises représentent toutes les couches de la craie depuis le Cénomanien, conclusion à laquelle on était déjà arrivé pour les calcaires de Seewen qui en représentent le prolongement, et dans lesquelles on a signalé

des Rudistes très probablement cénomaniens du groupe des *Sauvagesia*. Ce sont les conditions habituelles du bassin de Paris, dans lequel les Rudistes de ce groupe sont à peu près les seuls représentés, tandis que plus au Sud, dans les régions plus chaudes, en Aquitaine comme en Provence, ce sont les couches à Hippurites qui se développent en marge de la craie à Globigérines.

Pendant le dépôt de la craie supérieure, la mer, dans la région des Alpes, était largement ouverte vers le Sud, comme le montre l'abondance des Globigérines, tandis que les Bélemnites y pénétraient par le Nord. A la fin de cette période un changement paraît s'être produit assez brusquement et la mer s'est complètement retirée. Plus tard un nouvel affaissement s'est produit et la mer de l'Éocène moyen, caractérisée par les grandes Nummulites, a pénétré dans la fosse alpine depuis Nice jusqu'au delà d'Interlaken. Cette phase positive continuant, la mer s'est élargie et les dépôts de l'Éocène supérieur se sont développés vers l'Ouest, reposant en transgression sur les couches crétacées; j'en ai donné un exemple très net aux Ralligstöcke, près d'Interlaken ([1]). Cette même disposition se présente dans les Alpes françaises, et en particulier à Thones : au Calvaire les couches à *Nummulites contortus-striatus* reposent directement sur la craie supérieure qu'elles ravinent et dont elles empâtent des fragments. Mon bien regretté ami Boussac, si malheureusement et si prématurément enlevé à la Science, a montré que les couches à *N. contortus-striatus*, équivalent des couches à *Cerithium Diaboli*, représentaient le Bartonien ($e^2$ de la Carte géologique). J'ai recueilli au Calvaire quelques autres fossiles qui confirment ce rapprochement :

*Orthophragmina Pratti*, Michelin. — Cette espèce, comprise un peu trop largement par Schlumberger, ne comprend d'après sa définition que des espèces « lisses et renflées au centre », mais sans bouton nettement délimité. Il est à peu près certain que le type provient du gisement de la Villa Marbella à Biarritz. Cette espèce est abondante dans les couches de l'Éocène supérieur jusqu'au Cachaou. Elle se retrouve à Priabona et elle n'est pas rare à Faudon.

*Operculina alpina*, nov. sp. (*fig.* 1). — Cette espèce se distingue du groupe de l'*Op. ammonia* de l'Éocène inférieur et moyen, par sa spire plus lâche, et surtout par ses cloisons presque droites, puis brusquement coudées

([1]) *Les Ralligstöcke et le Garihorn* (*Bull. Soc. géol. de France*, 4e série, t. 3, 1903).

près du contour externe. Elle se retrouve à Priabona et à Allons, où elle est extrêmement abondante.

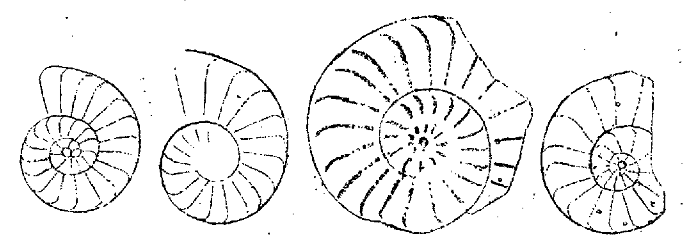


Fig. 1. — *Operculina alpina*, du Calvaire de Thones; le plus grand échantillon est représenté par une vue extérieure, les autres par des sections (gr. 5 fois).

*Spiroclypens pustulosus*, nov. sp. (*fig.* 2), caractérisé par les gros tubercules qui couvrent sa surface. Cette espèce a la forme d'une petite Nummulite, mais sa section médiane présente la même disposition que les Hétérostégines. Cette espèce n'est pas rare à Priabona, je l'ai retrouvée au Cachaou.

Cette petite faune de Foraminifères permet bien de rapprocher toutes ces localités de l'Éocène supérieur, Biarritz supérieur, Allons, Faudon, Thones et Priabona.

Par places le Nummulitique du Calvaire est très riche en *Lithothamnium*

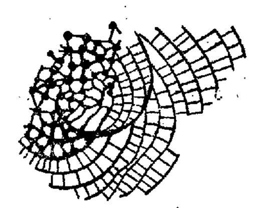


Fig. 2. — *Spiroclypens pustulosus*, du Calvaire de Thones; section oblique montrant les logettes équatoriales, les loges latérales et les gros piliers qui les traversent (gr. 10 fois).

(calcaire corallien concrétionné de Murchison); il représente donc un dépôt peu profond correspondant à l'invasion de la mer. Il présente quelques grains de glauconie. Il est nettement discordant sur le Crétacé puisqu'il ravine ici la craie supérieure, tandis qu'à une faible distance au Nord, au Faitelai, il recouvre directement l'Aptien. Il semble qu'à cette époque les plissements alpins étaient déjà esquissés.

Vers la partie supérieure des calcaires, les Nummulites disparaissent, on ne rencontre plus que quelques *Pecten*, qui disparaissent à leur tour et le calcaire dur est remplacé par des marnes schisteuses feuilletées, de teinte très claire dont les affleurements se distinguent de loin à leur couleur blanche. Elles sont dépourvues de fossiles et ne présentent que quelques

débris d'algues et de végétaux divers; mais les préparations en lames minces montrent une abondance de *Globigérines;* c'est une réapparition très intéressante du type crétacé, indiquant une large communication vers le Sud avec la Mésogée; c'est la continuation de la transgression (ou phase positive) précédente.

Ces couches à Globigérines se continuent du reste vers le Nord; je les ai signalées précédemment dans les environs d'Interlaken.

Le passage des couches à Nummulites aux schistes blancs est bien visible au-dessus de la Vacherie. Au hameau lui-même on voit les schistes devenir plus grossiers et passer à un Flysch peu consistant et de couleur brune.

La partie supérieure de cette formation est constituée par une série de bancs épais de grès durs assez grossiers avec intercalations de grès truités : ce sont les grès dits *de Taveyannaz*. Les grès présentent souvent d'assez gros grains de quartz blanc ou rosé, ainsi que des fragments de calcaires gris. Ils passent en certains points à un véritable poudingue formé des mêmes éléments. La présence de ces fragments calcaires montre que ce dépôt s'est effectué très rapidement; on sait en effet que dans les formations détritiques les parties calcaires disparaissent vite sous l'action du frottement ou des chocs des parties siliceuses beaucoup plus dures, celles-ci persistant seules au bout de peu de temps. Ces dépôts du Flysch correspondent vraisemblablement à une période très agitée pendant laquelle commençaient ou s'esquissaient les grands mouvements tectoniques qui peu après allaient donner naissance à la chaîne des Alpes. Sous l'action de ces secousses, des éboulements devaient se produire près des rivages; de là ces fragments de roches calcaires dans les poudingues du Flysch; de là peut-être aussi ces blocs de granite qui, charriés plus tard vers le Nord par les grandes nappes alpines, allaient devenir les célèbres *blocs exotiques* de la région d'Interlaken.

C'est pendant cette période d'agitation que se produisaient les éruptions bien connues des roches basaltiques du Vicentin; les grès de Taveyannaz sont de véritables tufs qu'il faut rattacher vraisemblablement à ces éruptions.

M. P. **Marchal** fait hommage à l'Académie des Tomes II (1913) et III (1914) des *Annales du Service des Épiphyties,* publiées par Ed. Prillieux, P. Marchal et E. Foex.

## CORRESPONDANCE.

M. le SECRÉTAIRE PERPÉTUEL signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Le fascicule XI *bis* des *Études de Lépidoptérologie comparée :* Contributions à l'étude des grands Lépidoptères d'Australie (genres *Coscinocera* et *Xyleutes*), par CHARLES OBERTHUR, CONSTANT HOULBERT et F.-P. DODD. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Recherche de petites quantités de sélénium et distinction de l'arsenic.* Note (¹) de M. **JEAN MEUNIER**, présentée par M. Charles Moureu.

L'acide sélénieux et les sélénites en dissolution sont réduits par l'hydrogène naissant et se transforment en hydrogène sélénié $H^2Se$, gaz qui se décompose facilement par la chaleur avec dépôt de sélénium. Cet élément se comporte donc comme l'arsenic, et il apparaît de la même façon dans les essais à l'appareil de Marsh. S'il est en proportion tant soit peu notable, la distinction en est facile ; mais il n'en est pas ainsi pour le cas où il existe en faible trace ; la confusion est alors possible. Dans la pratique, ce cas peut être d'autant plus fréquent que l'acide sulfurique dont on se sert ou que l'on essaye est produit avec des pyrites qui sont une source habituelle d'arsenic et de sélénium.

Voici comment j'ai établi la recherche du sélénium à l'appareil de Marsh :

L'appareil étant monté dans les conditions usuelles, l'hydrogène est produit par le zinc redistillé attaqué par l'acide sulfurique pur étendu et additionné de quelques gouttes de chlorure de platine. Pour que la pureté des réactifs soit démontrée, l'hydrogène doit passer pendant 1 heure dans le tube de verre chauffé, sans y laisser de dépôt à la suite de la flamme. Après cette épreuve, j'ajoute dans le flacon à l'hydrogène $1^{cm^3}$ d'une solution contenant $1^{cg}$ d'acide sélénieux ; au bout de quelques minutes, il apparaît dans le tube de verre un dépôt qui s'accroît. L'opération est continuée jusqu'à ce qu'il n'augmente plus, ce qui peut exiger 2 heures. En de pareilles conditions, le dépôt est considérable ; il occupe plus de $1^{cm}$ de longueur dans le tube et possède, spécialement

(¹) Séance du 25 septembre 1916.

dans sa partie la plus épaisse, la coloration rouge du sélénium. Il ne peut être ainsi confondu avec l'arsenic, bien que par sublimation il puisse passer au gris d'acier.

Il ne se présente pas ainsi quand la proportion est cent ou mille fois moindre que ci-dessus. On remarque alors dans le tube un faible anneau à reflet brillant, analogue à celui de l'arsenic. Par sublimation dans le tube ouvert, il s'oxyde et se transforme en acide sélénieux blanc; de même l'arsenic passe à l'état d'acide arsénieux également blanc. En pareil cas la très faible quantité de substance rend délicate la distinction au moyen des dissolvants.

J'ai employé, pour rechercher le sélénium, un autre procédé qui convient aussi à la recherche de l'arsenic.

Il consiste à faire passer dans la solution chauffée un courant d'hydrogène sulfuré, auquel on peut ajouter, sans que cela soit indispensable, un peu d'acide sulfureux. En prolongeant l'action du courant, on obtient un trouble dû à la précipitation du soufre très divisé entraînant avec lui le sélénium et l'arsenic, s'il en existe, à l'état de sulfure. On parvient facilement à agglutiner le soufre servant ainsi de véhicule, en maintenant le liquide sur le bain-marie et en l'agitant au besoin. Quand le soufre agglutiné contient du sélénium, il prend une coloration brune; le sulfure d'arsenic n'altérerait pas la couleur jaune : on distingue donc ainsi sans peine le sélénium et l'arsenic. Après avoir desséché les flocons bruns, on peut les introduire dans un petit tube fermé par un bout et séparer le soufre du sélénium en sublimant avec précaution. Le résidu noir obtenu par $H^2S$ est considéré par certains auteurs comme une combinaison de sélénium et de soufre, ce qui paraît vraisemblable.

Les faits précédents peuvent avoir de l'intérêt pour les recherches chimico-physiologiques, mais ils en présentent peut-être davantage au point de vue de la fabrication de l'acide sulfurique, particulièrement par le procédé de contact catalytique. Il est connu que, dans ce procédé, il faut dépouiller complètement le gaz sulfureux provenant du grillage des pyrites de l'arsenic qu'il entraîne; sinon le catalyseur, constitué par de l'amiante platinée, est rapidement mis hors d'usage. De même la surface du catalyseur s'altère au bout d'un certain temps par le dépôt des poussières entraînées par le courant de gaz sulfureux, qui ne peuvent être arrêtées complètement à la sortie des fours. Pour rendre au catalyseur son activité, il faut le débarrasser de ces poussières. Dans ce but, on a imaginé en 1898 d'imprégner le catalyseur d'un sulfate soluble alcalin ou magnésien; il suffit donc de le laver à l'eau pour dissoudre le sulfate, entraîner conséquemment les poussières. On achève le nettoyage par un traitement à l'acide chlorhydrique. Il est essentiel que le sulfate magnésien employé soit exempt d'arsenic. L'analyste peut être trompé à cet égard par la présence du sélénium. Dans ce cas, j'essaye le sulfate magnésien, en opérant

sur $10^g$ ou $20^g$, au moyen des méthodes ci-dessus qui, complétées l'une par l'autre, permettent d'arriver à une conclusion formelle.

Le minerai magnésien qui sert à préparer le sulfate est généralement la dolomie; on ne peut attribuer à cette substance la présence du sélénium; il faut donc l'attribuer à l'acide sulfurique. Il se forme dans la préparation des traces de sélénite magnésien qui demeurent dans le sulfate.

### PHYSIQUE DU GLOBE. — *L'action luni-solaire et la température.* Note [1] de M. P. Garrigou-Lagrange.

Comme suite à mes études antérieures sur l'action luni-solaire, j'ai étudié la température, en considérant à la fois son amplitude et sa moyenne diurne. J'ai calculé ces éléments pour chacune des phases lunaires dans les diverses saisons des dix années 1906-1915. Les moyennes générales, groupées par saison et par phase, montrent qu'il se produit dans le cours de chaque lunaison une oscillation simple dont l'amplitude est faible et n'atteint pas 0°,5. Mais il en est tout autrement si l'on tient compte de l'état général de l'atmosphère au début de la période considérée.

A cet effet j'ai calculé pour chaque phase l'écart de la température à la température moyenne de cette phase, et suivant que l'anomalie ainsi obtenue est positive ou négative, ou suivant qu'elle se produit à telle ou telle phase, l'onde lunaire change complètement de situation. De plus son amplitude est proportionnelle à l'anomalie.

Ainsi, pour n'en citer qu'un exemple, j'avais remarqué que dans certains hivers les périodes froides se succèdent de mois en mois, indiquant une action lunaire bien caractérisée, tandis que d'autres années n'offrent rien de semblable. La différence vient de l'époque où se produit la première anomalie. Si elle se présente entre la nouvelle lune et le premier quartier, elle se reproduira avec son signe, positif ou négatif, au début de la lunaison suivante, d'autant plus forte que l'anomalie sera plus grande.

Le même phénomène s'observe en été, très atténué et en sens inverse. La différence entre ces deux saisons consistant en ce que le lunistice austral correspond en hiver à la nouvelle lune et en été à la pleine lune, il s'ensuit qu'il faut considérer deux ondes lunaires qui se superposent et qui interfèrent, dues l'une à la révolution synodique, l'autre à la révolution tropique.

---

[1] Séance du 25 septembre 1916.

L'année 1916 offre de ce phénomène un bon exemple et son hiver si exceptionnel est dû à l'anomalie positive qui a marqué la nouvelle lune de décembre et qui s'est reproduite aux nouvelles lunes de janvier et de février, avec des ondes opposées à l'onde moyenne, favorables dès lors à un hiver très doux.

En résumé l'amplitude et la situation des ondes lunaires varient avec la situation générale de l'atmosphère. Il ne suffit pas de les caractériser par des moyennes générales dont l'amplitude est toujours très faible; il faut encore tenir compte de l'anomalie, de son signe, de sa situation, et c'est sans doute pour l'avoir négligée qu'on a si longtemps discuté l'influence de la lune sur l'atmosphère.

ÉNERGÉTIQUE BIOLOGIQUE. — *Technique d'éducation sensitive pour amputés et aveugles.* Note de M. **Jules Amar**, présentée par M. A. Laveran.

Dans deux Communications sur l'*Éducation sensitive des moignons d'amputés* (¹), j'avais insisté sur la nécessité de généraliser à tous les amputés, surtout des bras, l'exercice des moignons sur la *gouttière dynamométrique*. Il résulte de cet exercice, réglé avec méthode, la certitude, tant de fois démontrée, que l'atrophie musculaire fait place à une régénération fibrillaire, que la sensibilité reparaît et gagne la section même du moignon, si bien que l'appareil de prothèse, *bras articulé* spécialement, acquiert une valeur d'utilisation absolument insoupçonnée.

Ce rendement des appareils prothétiques est favorisé encore plus par *l'éducation de la sensibilité*. Et s'il est vrai que les amputés retirent un grand profit d'une telle éducation, l'expérience montre que les aveugles en retirent un égal avantage. Pour aborder le problème avec le maximum de conséquences, je me suis occupé tout spécialement des mutilés aveugles.

Dans cette Note il sera question simplement de la *Technique* employée. Trois éléments la constituent :

1° *Bracelet à poids.* — Aussitôt après l'entraînement sur la gouttière, on place à l'extrémité du moignon un bracelet de cuir, soutenant un plateau feutré intérieurement pour éviter la sonorité des contacts avec les poids (*fig.* 1). Si le patient n'est pas aveugle, il aura les yeux bandés.

---

(¹) *Comptes rendus*, t. 162, 1916, p. 843 et 887.

Puis on introduit doucement dans le plateau un poids de 200g, que l'on diminue de jour en jour, en descendant par 20g. On fera constater au sujet que l'on charge ou décharge le plateau, que tel poids est $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$ de fois plus faible que le précédent, et inversement. On recommence ces

Fig. 1. — Bracelet à poids.

observations jusqu'à obtenir des réponses décisives. Ensuite, le bracelet est remonté à 2cm plus haut sur le moignon, car la sensibilité se rétablit du bout à l'origine du tronc nerveux; sa régénération est centripète.

2° *Platine esthésiographique.* — Qu'il s'agisse d'un moignon ou des doigts de la main d'un aveugle, il faut exercer la sensibilité tactile avec infiniment de délicatesse. La *platine esthésiographique* satisfait à ce but. C'est une plaque de laiton rectangulaire P (*fig.* 2), avec un manche M

que l'on chauffe pour porter le tout au voisinage de 30°. Au centre de la surface apparaît une pointe mousse en ivoire I, qu'une vis micrométrique V permet de faire saillir graduellement. On sait, par conséquent, de combien elle émerge à la surface. Elle presse, à sa base, sur un tambour

Fig. 2. — Platine esthésiographique.

de Marey, avec ressort intérieur, et la pression peut s'enregistrer sur un cylindre.

Dans ces conditions, on donne au patient à explorer le dessus de la platine, la pointe étant au zéro. Il y promène ses doigts ou son moignon en tous sens; et, peu à peu, on agit sur la vis. Quand il arrive à déceler la pointe d'ivoire, on est renseigné sur la hauteur de celle-ci, et le tracé indique pour quelle pression et après quels tâtonnements elle a été perçue.

Les progrès sont, par ce procédé, des plus rapides, et parfaitement réguliers.

3° *Méthode des contours.* — C'est alors que, pour les aveugles en particulier, on doit s'efforcer d'exercer le toucher sur des surfaces de courbures variées, les tranchants d'outils, les pièces ouvragées. On utilisera, par exemple, un cube de laiton à coins arrondis suivant des rayons différents,

et l'on fera reconnaître et apprécier ces différences. L'aveugle, à qui l'on enseigne le rempaillage des chaises, devra promener les doigts sur la paille en comptant les rangs et les inégalités de la surface préparée; et ainsi des autres travaux.

PHYSIOLOGIE. — *De l'immunité vaccinale consécutive aux injections intravasculaires de vaccin.* Note de M. L. **Camus**, présentée par M. Charles Richet.

Les conditions dans lesquelles se réalise l'immunité vaccinale ne sont pas très bien établies et l'impossibilité où l'on est aujourd'hui encore d'indiquer avec précision le temps nécessaire à l'immunisation en est une preuve. Ce temps est-il de 5 ou 6 jours comme semblait l'avoir établi au commencement du siècle dernier le Comité de vaccine, et comme pensait l'avoir solidement démontré Bousquet, ou bien faut-il admettre, avec Husson et la plupart des auteurs modernes, que « l'immunité vaccinale n'est complète que le dixième jour de la vaccination », ou bien encore, avec quelques médecins, doit-on revenir au chiffre de 21 jours adopté autrefois par Heim et Grégory?

Je n'apporte pas ici un nouveau chiffre, je désire simplement présenter des résultats expérimentaux qui permettront de comprendre et d'expliquer pourquoi existe un flottement notable dans les appréciations et pourquoi l'entente n'est pas faite malgré un nombre considérable d'expériences. Il résulte en effet de mes recherches que le temps nécessaire à l'immunisation est directement sous la dépendance d'un facteur trop négligé jusqu'ici, la quantité de vaccin.

Pour opérer avec plus de précision, pour faire disparaître quelques causes d'erreur, j'ai étudié l'immunisation par inoculation intravasculaire. Cette condition expérimentale a l'avantage de supprimer l'aléa d'une absorption irrégulière et de mettre l'ensemble de l'organisme mieux en présence des produits actifs, surtout si l'on emploie, comme je l'ai fait, des dilutions de vaccin homogène et pur.

La technique que j'ai suivie est simple, j'ai opéré sur le lapin qui est très réceptif à la vaccine; le vaccin a été dilué pour l'injection dans du sérum artificiel et ces injections ont été pratiquées soit dans une veine superficielle, soit dans une veine profonde, soit encore dans une artère. Après un temps d'attente variable, j'ai procédé à une vaccination d'épreuve qui a été faite simultanément d'une part sur la peau du dos avec des dilutions de vaccin faible et de vaccin fort, et d'autre part, par piqûres dans la région naso-labiale où se produisent habituellement de beaux éléments vaccinaux bien typiques. Cette façon d'opérer donne la certitude de ne pas laisser inaperçu

un faible degré d'immunisation et de ne pas méconnaître non plus l'immunité complète quand elle vient à se produire. La dose de vaccin injectée a varié de $0^{cm^3},5$ à $5^{cm^3}$ par kilogramme et les dilutions de $\frac{1}{10000}$ à $\frac{1}{100}$. Le temps laissé entre l'injection immunisante et la vaccination d'épreuve a oscillé de 20 heures à 11 jours.

Pour déterminer le temps nécessaire à l'apparition de l'immunité, j'ai d'abord employé systématiquement une dose forte de $1^{cm^3}$ par kilogramme, d'une dilution à $\frac{1}{100}$ et progressivement j'ai reculé la vaccination d'épreuve.

En procédant ainsi, on arrive à constater aisément que jusqu'au quatrième jour l'immunité n'est pas appréciable. A partir du quatrième jour il se produit une légère diminution de la réceptivité vaccinale. Le cinquième jour, l'immunité est très forte, elle est complète dans la région bucco-nasale et très marquée dans la région dorsale. Le sixième jour, la peau du dos, comme le tégument de la région bucco-nasale, est tout à fait insensible à une vaccination d'épreuve.

Cette série d'expériences, qui a porté sur un total de 20 lapins, semble bien établir que l'immunité vaccinale est acquise, dans les conditions précédemment indiquées, du cinquième au sixième jour, et que son début apparaît vers le quatrième jour.

Chemin faisant, j'ai constaté quelques légères différences individuelles dans l'immunisation provoquée par des injections intra-vasculaires aussi identiques que possible. Ces différences se sont traduites soit par une inégale sensibilité des animaux à la vaccination d'épreuve, soit par un petit retard dans l'apparition de leur immunité complète.

Si l'on recherche dans quelle proportion la quantité de vaccin injectée peut exercer une influence, on arrive aisément à constater, avec des dilutions plus faibles ou plus fortes que celles ci-dessus employées, que ce n'est plus le quatrième jour qu'apparaît l'immunité mais plus tôt ou plus tard et, de même, que son complet développement se trouve rapproché ou éloigné. Par exemple, si l'on injecte une dilution à $\frac{1}{10000}$ à la dose de $0^{cm^3},5$ par kilogramme, on n'observe plus l'immunité ou seulement une très faible immunité en procédant le cinquième jour à la vaccination d'épreuve. D'autre part, l'injection d'une dilution à $\frac{1}{100}$, à la dose de $5^{cm^3}$ par kilogramme, donne déjà le quatrième jour une immunité à peu près complète. Enfin, après l'injection de la très faible dose de $0^{cm^3},5$ par kilogramme d'une dilution à $\frac{1}{10000}$, si on laisse s'écouler un intervalle de 10 jours avant de pratiquer la vaccination d'épreuve, on constate que l'immunité est arrivée à son complet développement.

Des expériences dans lesquelles l'injection immunisante a été remplacée par une vaccination cutanée, avec des dilutions plus ou moins étendues ou des doses plus ou moins fortes, ont permis de reconnaître que des variations analogues dans la production de l'immunité peuvent également être mises en évidence.

En résumé, il ressort de ces expériences que le temps nécessaire à l'immunisation est variable avec la dose de vaccin employée. S'il n'est pas possible, comme chacun sait, de supprimer entre la vaccination et l'immunité une certaine phase latente, phase d'incubation, du moins il est facile d'en modifier notablement la durée en augmentant ou diminuant la quantité de vaccin. Les influences individuelles qui peuvent toujours se rencontrer

ont beaucoup moins d'importance que les quantités de vaccin mises en jeu.

Et maintenant on ne s'étonnera plus que des expérimentateurs très consciencieux, qui n'ont pu tenir compte ni de la quantité ni de l'activité de leur vaccin, aient attribué des durées différentes à la production de l'immunité.

M. Jules Regnault adresse une Note intitulée : *Appareils de marche avec étrier de décharge pour fractures et lésions diverses du membre inférieur.*

(Renvoi à l'examen de la Section de Médecine et Chirurgie.)

La séance est levée à 15 heures trois quarts.

A. Lx.

---

## ERRATA.

(Séance du 29 mai 1916.)

Note de M. *Carl Störmer,* Intégration d'un système d'équations différentielles, etc. :

Page 832, ligne 10, dans la formule de $bm$ au premier terme du second membre, *remplacer* le dénominateur $11,5.10^7$ par $1,5.10^7$.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 9 OCTOBRE 1916.

PRÉSIDENCE DE M. CAMILLE JORDAN.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

### DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ASTRONOMIE. — *La libration physique de la Lune, étudiée sur* 40 *clichés obtenus à l'Observatoire de Paris entre les années* 1894 *et* 1909. Note de M. **P. Puiseux.**

On sait que le grand équatorial coudé, de $0^m,60$ d'ouverture, établi sur les indications de Maurice Lœwy, a eu pour emploi principal, pendant un certain nombre d'années, l'exécution de clichés de la Lune, relatifs à des états variés de phase et de libration.

Un choix de ces documents, agrandis en héliogravure, a fourni la matière de diverses études, notamment du grand Atlas photographique publié par l'Observatoire de Paris. Dans l'exécution des Cartes et dans la rédaction des Notices qui les accompagnent, on a eu surtout en vue les problèmes cosmiques et historiques qui se posent à l'inspection du relief lunaire.

Après l'achèvement de cette publication, en 1911, M. Baillaud, successeur de Maurice Lœwy à la direction de l'Observatoire, voulut bien encourager mon projet de soumettre un certain nombre de clichés de même origine à des mesures de précision, en vue d'arriver à une connaissance plus exacte du mouvement de la Lune autour de son centre de gravité. Tout progrès accompli dans cette direction doit d'ailleurs contribuer à fixer nos idées concernant la figure générale du globe lunaire et sa constitution intérieure.

Si notre satellite était formé de couches sphériques et homogènes, on devrait s'attendre à le voir tourner autour d'un axe de direction invariable

avec une vitesse angulaire constante. Il ne se produirait alors qu'une libration apparente ou optique, et les lois expérimentales du phénomène, telles que les a formulées J.-D. Cassini, pourraient être rigoureusement vérifiées.

En fait la structure de la Lune n'est pas aussi simple. Son contour se montre presque partout hérissé de montagnes, plus hautes, à proportion, que celles de la Terre. Les mesures micrométriques n'ont pas jusqu'ici mis en évidence un aplatissement polaire ou une inégalité entre les moments principaux d'inertie. Mais une telle inégalité est rendue probable par le fait que la Lune nous présente toujours la même face. Elle doit entraîner des changements périodiques dans la vitesse de rotation, par suite une libration réelle ou physique s'ajoutant à la libration optique.

Lagrange et Laplace, suivis par d'autres géomètres, ont signalé divers termes de libration physique comme susceptibles d'acquérir une certaine importance. Ils ont caractérisé ces termes par leurs périodes, mais ont dû laisser aux observateurs la tâche d'assigner les coefficients. Les travaux entrepris depuis dans cette direction sont assez nombreux. On en trouvera un résumé dans une étude récente de M. F.-J.-M. Stratton (*Memoirs of the Royal Astronomical Society*, vol. LIX, Part IV). La concordance des résultats laisse fort à désirer, en sorte que dans les éphémérides officielles on s'est abstenu, en général, d'avoir égard à une libration physique. Ou bien la théorie du mouvement de la Lune, faite en regardant notre satellite comme un solide invariable, doit être complétée par la considération des marées d'un fluide interne, ou bien il faut disposer, pour déterminer les coefficients des inégalités, qui d'ailleurs sont faibles, de séries d'observations plus prolongées et plus exactes.

Le premier *desideratum* semble malaisé à remplir, faute de renseignements sur la constitution intérieure de la Lune. Mais le second peut être réalisé par une utilisation judicieuse de la collection de l'Observatoire de Paris. Il nous a été facile d'en extraire 40 clichés répartis sur quinze années et présentant, avec des librations très diverses, une bonne définition. On aurait pu, dans le même intervalle, trouver des documents de même valeur en nombre plus grand. Mais il nous a paru prudent, en face du vaste ensemble de mesures et de calculs à exécuter, de ne pas vouloir trop embrasser et de n'avoir pas à remettre les conclusions à une époque trop lointaine.

L'Académie des Sciences m'a grandement facilité ma tâche en m'accordant une subvention sur les fonds Debrousse. M. Baillaud a mis à ma dis-

position une machine de mesure des frères Brunner, adaptée à ce travail spécial par M. Prin, et a donné à mes collègues de l'Observatoire toute latitude pour me venir en aide. M. Le Morvan, qui avait eu dans l'exécution des clichés originaux une part importante, a mené à bien l'impression, assez délicate, de diapositifs avec réseau. Les mesures ont été faites pour la plus grande part, sur mes indications, par MM. Bordier et Le Morvan. J'ai eu pour les calculs l'assistance de MM. Guénaire, Maneng et, en dernier lieu, celle de M. Jekhowsky, docteur de l'Université de Paris.

La discussion des résultats fait l'objet d'un Mémoire, aujourd'hui terminé, et qui doit paraître dans les *Annales de l'Observatoire de Paris*. J'indiquerai seulement ici la marche suivie et quelques conclusions qui peuvent, à certains égards, être considérées comme imprévues.

Le réseau imprimé sur chaque plaque diapositive a permis de mesurer, par rapport à deux axes rectangulaires conventionnels, les coordonnées d'un certain nombre de points du bord éclairé (60 en moyenne) et les coordonnées d'un certain nombre de points de l'intérieur de l'image (40 en moyenne). Les points de cette seconde série ont été choisis comme centres d'objets de forme régulière, largement disséminés sur la surface du disque et désignés par leurs coordonnées sélénographiques dans le catalogue publié par Saunder en 1911.

De la première série de mesures on a déduit, pour le cercle qui coïncide le mieux possible avec le bord éclairé, les coordonnées rectangulaires du centre et le rayon moyen. Les angles de position qui en résultent pour les points de l'intérieur de l'image peuvent être comparés aux angles de position obtenus par la considération de l'heure du cliché, des coordonnées sélénographiques et de la libration optique seule. La différence, à peu près constante, donne l'orientation du cliché, c'est-à-dire l'angle de position de la ligne fondamentale du réseau.

Bien que ce résultat ne soit pas encore définitif, étant altéré par la libration physique et par l'erreur du catalogue, il permet de tenir compte avec une exactitude suffisante de la réfraction différentielle. Celle-ci n'affecte pas les coordonnées du centre, mais diminue dans une mesure appréciable le rayon moyen. Le rayon ainsi corrigé fournit l'échelle du cliché, c'est-à-dire le facteur de conversion des intervalles du réseau en minutes d'arc.

Les mesures de la seconde série, affranchies de la réfraction, permettent de conclure pour chacun des objets choisis les coordonnées polaires (distance au centre et angle de position) relatives soit à l'observateur terrestre, soit à un observateur fictif qui serait placé au centre de la Lune. De ce

second groupe de coordonnées on peut conclure, pour tout objet dont la position sélénographique est connue, une valeur expérimentale de la libration, soit en latitude, soit en longitude.

L'accord des résultats fournis par les différents objets d'un même cliché témoigne de l'homogénéité satisfaisante du catalogue de Saunder et permet de penser que la libration est ainsi déterminée avec une erreur probable qui ne dépasse pas $0',4$ en latitude et $1',0$ en longitude. Or les librations, calculées pour les mêmes époques en acceptant comme rigoureuses les lois de Cassini, s'écartent des premières de quantités beaucoup plus fortes, atteignant communément $10'$ et même (pour la longitude) $20'$ en arc sélénographique. La réalité d'une libration physique est donc confirmée.

Nous avons procédé à l'analyse harmonique des écarts, en vue de déterminer les coefficients des termes périodiques signalés comme probables par la théorie. De ces termes il en est un qui se dégage nettement des autres par son importance. C'est le terme annuel qui affecte la libration en longitude et qui contient, comme facteur variable, le sinus de l'anomalie moyenne du Soleil. La valeur, assignée au coefficient constant par nos calculs, est $19',10 \pm 2',31$. Ce résultat était pour nous imprévu, car, bien que Lagrange et Laplace aient considéré cette inégalité comme devant être la partie la plus importante de la libration physique en longitude, aucune recherche expérimentale, à notre connaissance, ne lui attribue une amplitude aussi forte.

L'intérêt de ce chiffre tient surtout à ce qu'il est possible d'en déduire une valeur du rapport

$$\gamma = \frac{B - A}{C},$$

où A, B, C désignent les moments principaux d'inertie du globe lunaire rangés par ordre croissant. En suivant la voie indiquée par Tisserand (*Traité de Mécanique céleste*, t. 2, Chap. XXVIII), nous obtenons

$$\gamma = 0,001\,178.$$

D'autre part, si l'on appelle A′ et C′ les moments d'inertie principaux extrêmes du globe terrestre, la théorie de la précession donne l'égalité

$$\frac{C' - A'}{C'} = 0,003\,270.$$

Il est vraisemblable, d'après cela, que l'équateur lunaire n'est pas circulaire et que son ellipticité est voisine du tiers de celle d'un méridien ter-

restre. Ce fait, s'il est confirmé, aurait sans doute une répercussion sur d'autres théories astronomiques, et justifierait suffisamment la recherche que nous avons entreprise.

Le chiffre trouvé pour l'inégalité annuelle dépend bien entendu, mais pas dans une large mesure, du choix des autres inégalités périodiques que l'on considère comme réelles et que l'on tente de déterminer en même temps que la première. Aucune, à vrai dire, ne se dégage avec une évidence obligatoire. Ni la position de la Lune sur son orbite, ni la phase (différence des anomalies moyennes de la Lune et du Soleil) ne paraissent exercer sur la libration mesurée une influence systématique. Mais, en ce qui concerne la latitude, on obtient une amélioration plus marquée de la concordance entre le calcul et l'observation par l'introduction d'un terme annuel que par celle des quatre termes considérés comme plus probables par M. Stratton. Les observations de latitude n'obligent pas à traiter comme variable l'inclinaison de l'équateur lunaire sur l'écliptique. Elles suggèrent, pour la correction à faire subir à la valeur généralement admise de cet angle, une correction de même sens et sensiblement plus forte que celle qui est déduite par M. Stratton des observations de Schlüter.

La série des écarts en longitude rend aussi vraisemblable l'existence de deux inégalités admettant la première une période de 6 mois, la seconde une période de 18 ans $\frac{2}{3}$, égale à celle de la révolution des nœuds de la Lune. Il paraît admissible que de telles oscillations prennent naissance ou s'entretiennent sous l'influence des marées d'un fluide interne. L'influence hypothétique du déplacement du périgée lunaire n'est pas confirmée.

Même après application de ces termes, la somme des carrés des résidus reste encore beaucoup plus grande que celle que l'on serait fondé à prévoir d'après l'accord habituel des cirques d'un même cliché. Ni l'hypothèse d'un défaut d'homogénéité dans le catalogue de Saunder, ni celle d'erreurs dans le numérotage et l'inscription de l'heure de nos clichés n'ont paru, après un examen attentif, pouvoir expliquer le désaccord. Nous sommes donc obligés de conclure que la théorie du mouvement de la Lune autour de son centre de gravité, établie en considérant notre satellite comme un solide indéformable, ne correspond pas aux faits. Des influences encore mal déterminées, et de période irrégulière ou assez courte, se font sentir dans ce mouvement avec une intensité tout à fait comparable à celle des termes prévus de libration physique. La série des clichés de l'Observatoire de Paris peut fournir les matériaux nécessaires pour pousser plus avant cette analyse.

## CORRESPONDANCE.

HYDRAULIQUE. — *Sur la transmission des coups de bélier dans les conduites présentant des bifurcations. Application aux cheminées d'équilibre.* Note (¹) de M. **Denis Eydoux**.

Dans une Note précédente (²) j'ai indiqué comment se faisait la répartition d'un coup de bélier brusqué dans une conduite d'épaisseur et de diamètre variables. J'ai été amené, à la suite de cette étude, aux nouvelles considérations suivantes.

Dans ce qui suit, je désignerai toujours par $\alpha$ le rapport $\frac{a}{S}$, et je l'appellerai *la caractéristique de la conduite en un point*.

I. *Harmoniques des conduites à caractéristique variable.* — M. Camichel, dans deux précédentes Notes (³), a étudié la production et l'amplitude des harmoniques dans les conduites à caractéristique constante. Comment peut-on se représenter le phénomène dans le cas qui m'occupe? On ne peut pas subdiviser la conduite en tronçons d'égale longueur pour avoir la position des nœuds et des ventres; il faut à présent considérer des tronçons tels que les temps employés par les ondes pour les parcourir soient sous-multiples du temps de parcours total de la conduite. Suivant la position de certains éléments, par le jeu des ondes partiellement réfléchies, certaines vibrations pourront se produire plutôt que certaines autres.

Par exemple, si un joint de réglage, qui forme un gros renforcement, se trouve au tiers supérieur (évalué en temps de parcours), il créera un nœud en ce point et l'harmonique 3 aura tendance à apparaître spontanément; s'il y a un Venturi au tiers inférieur, ce sera l'harmonique 6; si les deux conditions sont réunies, les deux pourront se produire, l'un pouvant prédominer suivant l'importance relative du Venturi et du joint. De pareilles conduites auront donc un timbre. Les expériences faites à Soulom, en collaboration avec M. Camichel, nous ont montré qu'une conduite à caractéristique variable ne renferme pas tous les harmoniques.

---

(¹) Séance du 25 septembre 1916.

(²) *Comptes rendus*, t. 163, 1916, p. 265.

(³) *Comptes rendus*, t. 161, 1915, p. 412, et t. 163, 1916, p. 224.

II. J'ai appliqué une méthode de calcul semblable à celle que j'ai utilisée pour les conduites à caractéristique variable, à une bifurcation de trois conduites à caractéristiques différentes.

Soit $f_1$ le coup de bélier venant de la conduite 1.

Les équations à appliquer sont

$$y_1 = y_0 + f_1 - f'_1, \qquad y_2 = y_0 + f_2, \qquad y_3 = y_0 + f_3,$$
$$y_1 = y_2 = y_3,$$
$$v_1 = v_{0,1} - \frac{g}{a_1}(f_1 + f'_1), \qquad v_2 = v_{0,2} - \frac{g}{a_2} f_2, \qquad v_3 = v_{0,3} - \frac{g}{a_3} f_3,$$
$$S_1 v_1 = S_2 v_2 + S_3 v_3.$$

Il passe dans les conduites 2 et 3 deux coups de bélier égaux, se propageant avec les vitesses $a_2$ et $_3a$ et dont l'expression est

$$f_2 = f_3 = 2 f_1 \frac{\alpha_2 \alpha_3}{\alpha_1 \alpha_2 + \alpha_2 \alpha_3 + \alpha_3 \alpha_1}.$$

En même temps, il y a réflexion partielle, dans la conduite 1, d'une onde dont l'expression est

$$f'_1 = f_1 \frac{\alpha_1 \alpha_2 + \alpha_1 \alpha_3 - \alpha_2 \alpha_3}{\alpha_1 \alpha_2 + \alpha_2 \alpha_3 + \alpha_3 \alpha_1},$$

la surpression résultante dans la conduite étant $f_1 - f'_1$.

III. J'ai appliqué la même méthode aux cheminées d'équilibre [1] et j'ai trouvé, pour un coup instantané, les résultats suivants :

*a*. Si la cheminée et la conduite ont même caractéristique, et si la bifurcation est immédiatement contre le distributeur, il se produit simultanément :

1° Une oscillation en masse de l'ensemble du liquide, avec une vitesse initiale $V_0$ dirigée de la conduite vers la cheminée, et suivant les lois indiquées par M. Rateau, puis confirmées et étendues par M. Camichel pour les réservoirs d'air (sa période est $T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{l+H}{g}}$, $l$ étant la longueur de la conduite et H la hauteur d'eau dans la cheminée supposée verticale : sa

(1) Une question analogue a été traitée, par des procédés différents, pour les fermetures lentes des conduites avec cheminées d'équilibre, mais en supposant la conduite non élastique et l'eau incompressible, par M. le comte de Sparre, dans la *Houille blanche*, numéro de septembre 1904.

répartition est linéaire; et son amplitude maximum à la base, atteinte après le temps $\frac{T_1}{2}$, a la valeur $A = v_0\sqrt{\frac{l+H}{g}}$);

2° Un coup de bélier d'onde, de durée $\frac{2H}{a}$, de période $T_2 = \frac{2(l+H)}{a}$ et d'amplitude $\frac{av_0}{2g}$, pour lequel la conduite fonctionne comme un tuyau ouvert aux deux bouts. Le coup d'onde est donc réduit à la moitié de ce qu'il serait sans la cheminée.

Le rapport $\frac{T_1}{T_2}$ étant en pratique toujours inférieur à $\frac{1}{10}$, les deux phénomènes se différencient nettement.

*b*. Si, le point d'insertion de la cheminée étant toujours contre le distributeur, les caractéristiques de la conduite et de la cheminée sont différentes, il tend encore à se produire une oscillation en masse de période $T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{lS_2 + HS_1}{gS_1}}$. Mais celle-ci s'établit d'autant plus difficilement que le diamètre de la cheminée est plus petit par rapport à celui de la conduite. Par contre, le coup de bélier d'onde prend la valeur $\frac{S_1 v_0}{g}\frac{\alpha_1\alpha_2}{\alpha_1+\alpha_2}$; il augmente pour se rapprocher de sa limite $\frac{av_0}{g}$.

Les périodes $T_1$ et $T_2$, calculées indépendamment l'une de l'autre, pourront alors devenir très voisines; elles réagiront notablement l'une sur l'autre et l'on ne pourra plus distinguer nettement, sur les périodes résultantes, l'influence de chacun des phénomènes. Si, au contraire, le diamètre de la cheminée augmente notablement par rapport à celui de la conduite, la période de l'oscillation augmente aussi et son amplitude décroît jusqu'à sa limite $v_0\sqrt{\frac{l}{g}}$, tandis que le coup de bélier d'onde diminue de plus en plus. On arrive au cas limite où le distributeur prendrait l'eau directement dans un bassin indéfini qui amortirait toutes les ondes sans rien transmettre à ses affluents.

*c*. Si l'insertion de la cheminée se fait à un point quelconque de la longueur du tuyau, le coup de bélier d'onde est au début, jusqu'à ce point, le même que s'il n'y avait pas de cheminée; il est diminué ensuite, soit dans la partie aval par le retour de l'onde partiellement réfléchie, soit dans la partie amont par la présence de la bifurcation. Mais il y a lieu de remarquer que, pour un même diamètre de la cheminée par rapport à celui de la conduite, il est deux fois plus grand que dans le cas où la bifurcation était

contre la cheminée. Ainsi, pour ramener le coup d'onde à $\frac{av_0}{2g}$, il faudrait que le diamètre de la cheminée fût égal à deux fois celui de la conduite.

En même temps il y a production, dans les mêmes conditions que précédemment, d'une oscillation en masse dans la cheminée et dans la partie amont de la conduite.

IV. Si au lieu d'être instantanée, la fermeture est lente et proportionnelle au temps, on verra ci-après que le coup de bélier devient très faible; on pourra alors supposer, avec une exactitude suffisante, que la vitesse de l'eau dans la conduite varie proportionnellement au temps.

J'ai trouvé dans cette hypothèse que : dans le cas *a* envisagé précédemment, le coup d'onde est réduit à $\frac{Hv_0}{gT}$, T étant la durée de fermeture; il devient presque négligeable et se trouve remplacé par le coup d'oscillation en masse. Il en est de même dans les cas *b* et *c*, où le coup d'onde tend respectivement, dans le tronçon amont de la conduite, vers les valeurs limites $\frac{Hv_0S_1}{gTS_2}$ et $\frac{2Hv_0S_1}{gTS_2}$. On voit donc que le coup d'onde est d'autant plus réduit que T est plus grand. En ce qui concerne le coup d'oscillation en masse en fermeture lente, il a été complètement étudié par M. de Sparre, dans l'article dont nous avons parlé.

Si la cheminée a un diamètre convenable, c'est-à-dire voisin de celui de la conduite, il ne dépasse pas sensiblement la différence entre le niveau statique et le niveau de déversement; il est donc très faible et c'est ce qui justifie l'hypothèse que nous avons faite.

V. Si l'on considère une conduite forcée, débouchant dans une grande chambre de mise en charge d'où part un canal d'amenée (c'est le cas des usines hydro-électriques de type courant), on voit facilement, en se servant des équations des bifurcations de conduite, que, pour peu que la superficie de la chambre soit grande par rapport à la section de la conduite forcée, le coup de bélier qui se répercutera dans le canal d'amenée sera très faible. Si, avec cela, on organise la chambre de mise en charge de façon qu'elle puisse déverser sous le coup d'oscillation en masse, on voit que le canal d'amenée n'aura presque rien à redouter des coups de bélier. Il sera donc avantageux, surtout pour les usines de traction et d'éclairage qui ont à satisfaire à des pointes très supérieures à leur puissance moyenne, de mettre le canal d'amenée en charge, ce qui permettra de constituer, presque sans frais supplémentaires, un réservoir d'une très grande commodité pour les moments de très forte consommation. Je me réserve de développer plus longuement cette partie au point de vue technique.

ACOUSTIQUE. — *Sur l'audition des canonnades lointaines. Complexité de la question.* Note (¹) de M. **Frédéric Houssay.**

Puisque l'Académie s'est intéressée à l'audition des canonnades lointaines, je crois utile, afin d'orienter le sujet vers la précision, de lui communiquer les observations que j'ai pu faire et les réflexions qu'elles m'ont suggérées. A Sceaux, sur un coteau qui fait face au Nord, j'ai obtenu presque sans les chercher des données assez continues.

J'avais entendu naturellement la bataille sur l'Ourcq et sur la Marne. Le bruit des détonations se percevait facilement en plein jour, même à Paris dans les endroits calmes comme le jardin du Luxembourg, ou la nuit dans les rues silencieuses. Pendant tout l'hiver 1914, des voisins, qui avaient suivi l'éloignement du canon, sans en perdre jamais le bruit, m'assuraient l'entendre encore dans le silence des nuits. Je ne doutais pas de leurs affirmations concordantes entre elles et avec les communiqués, mais je ne pensais pas retrouver moi-même ce bruit auquel je n'avais pas prêté la même attention continue.

Cependant un soir, au début de mai 1915, j'écoutai attentivement et, après élimination des rares bruits nocturnes, je perçus nettement, venant du Nord, une canonnade extrêmement lointaine, au rythme très pressé, si faible qu'elle était couverte par le moindre bruissement de feuilles, mais parfaitement distincte. C'était, comme je l'appris peu après, la bataille de Carency, Ablain-Saint-Nazaire. Depuis, chaque soir paisible, j'entendais la canonnade quand il y en avait, je n'entendais rien quand il n'y avait rien et je sus ainsi ne pas subir une suggestion.

Soit par éducation de mon attention, soit pour d'autres raisons qui ressortiront tout à l'heure, à partir de juillet 1915, j'entendis aussi le canon en plein jour. Je l'entendais de chez moi et de tout le Hurepoix, dans les vallées, sur les plateaux ou sous bois; ces derniers endroits étaient les plus favorables, surtout au voisinage des étangs. La direction du vent n'avait pas d'importance, si ce n'est que les vents contraires, ceux de la région S, étaient les plus propices; par vents des régions N, il fallait s'abriter pour entendre et l'audition était plus faible. En résumé, de mai 1915 à octobre 1916 j'ai entendu ce que les communiqués appellent

(¹) Séance du 2 octobre 1916.

« *violentes* canonnades ou lutte *intense* d'artillerie ». Je n'ai jamais perçu les « canonnades *habituelles* sur le reste du front ».

*Première conclusion.* — On n'entend pas le canon coup par coup et l'on n'entendrait pas *un* canon aux distances que je vais dire. Il faut que les détonations soient abondantes et cela ne suffit pas.

Pendant toute cette période je fis de nombreuses observations psychophysiologiques sur les personnes rencontrées qui, placées près de moi alors que j'entendais très bien, n'entendaient rien du tout, non par infériorité sensorielle mais par incapacité à se dégager des mille bruits ambiants. J'en conclus que les zones de silence ne doivent pas être déterminées au suffrage universel, mais par des observateurs exercés à entendre.

Il est très difficile de repérer exactement le point de l'horizon d'où vient le son; un observateur débutant ou même un observateur exercé, au début d'une audition, se trompent facilement de 90° et plus. Je suis arrivé à repérer exactement les directions et, comme conclusions contrôlées, je puis affirmer avoir entendu des canonnades de la Marne ($40^{km}$), du Soissonnais ($100^{km}$), de Picardie ($130^{km}$), d'Artois ($200^{km}$), de Champagne ($200^{km}$); ce sont ces dernières que j'entends le mieux de beaucoup. D'Argonne, je n'ai jamais rien perçu. J'ai entendu deux soirs de suite, vers le 20 juin 1916, une forte canonnade dans la direction de Verdun ($245^{km}$), plutôt un peu plus à l'Est et j'en fus d'autant plus surpris que, pendant les quatre premiers mois de la terrible bataille, je n'avais rien entendu et que je n'ai rien entendu depuis. L'audition est certaine, mais pas assez prolongée ou renouvelée pour que je puisse affirmer la direction exacte.

Je ne vois dans la continuité de ces nombres, ni dans les auditions de la bataille progressivement éloignée que j'ai rapportées, aucun argument pour l'existence de zones silencieuses en fonction de la seule distance. Le son, comme je le reçois, est certainement perceptible beaucoup plus loin; mais l'intérêt scientifique du sujet n'est pas précisément là.

A la fin de juin 1916, avant que les communiqués n'aient rien dit, j'entendis, dans la direction de Picardie, une violente canonnade diurne et nocturne, ininterrompue. Je sus ensuite que c'était l'offensive de la Somme. Pendant plusieurs jours, elle ne cessa pas; elle s'interrompit, puis reprit. Aux environs du 15 juillet (je n'ai pas noté la date exacte, car je n'attendais pas ce qui arriva) je n'entendis plus rien et depuis je n'ai plus jamais rien entendu et cependant il y a eu encore de formidables canonnades.

Une interprétation de tous les faits que j'ai dits et spécialement du dernier doit comprendre les éléments suivants : on n'entend pas le canon coup par coup, mais des *sommes de coups* dont les vibrations concordent et s'ajoutent; d'autres discordent, s'annulent et font des silences interférentiels. Il se produit, à une grandiose échelle et avec une moindre régularité, ce qu'en acoustique on appelle des *battements*. De là résulte une audition de sons renforcés et séparés dont le rythme (un ou deux à la minute, rarement plus pressé) n'a aucun rapport avec celui des coups tirés.

On pourrait dire qu'on entend seulement les gros calibres et pas les petits, mais cela ne concorderait pas avec les silences prolongés suivant une audition prolongée. On comprend au contraire comment la canonnade abondante est la première condition de cette organisation de sommes et de différences. On comprend encore comment le relief du pays au départ, et peut-être le long du trajet, est un facteur de premier ordre pour organiser les vibrations, dans ses vallations, dans le contournement de ses collines et comment un déplacement de $4^{km}$, ou moins, dans les positions des artilleries, peut tout changer et rendre silencieuse une zone qui était percevante à $130^{km}$ de là.

De même, les rares auditions que j'ai cru avoir du canon de Verdun pourraient correspondre à certaines positions que prirent les artilleries par rapport au relief à l'extrême limite de l'avance ennemie. Le silence de l'Argonne pour moi se rapporte à une circonstance du même ordre.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur un système de bandes d'absorption correspondant aux rayons* L *des spectres de rayons* X *des éléments, et sur l'importance des phénomènes d'absorption sélective en radiographie.* Note de M. DE **BROGLIE**, présentée par M. Wallerant.

A. Une Note récente de MM. Marcel Boll et Lucien Mallet ([1]), en précisant certains caractères du rayonnement des ampoules Coolidge, appelle l'attention sur l'hétérogénéité de ce rayonnement; il peut être utile d'insister, à ce propos, sur les points suivants :

Les radiations, émises par un tube Coolidge, sont aussi hétérogènes que celles des autres ampoules; elles comprennent un spectre relativement

([1]) *Comptes rendus*, t. 163, 1916, p. 302.

complexe. Si l'on envisage leur action sur une plaque photographique au bromure d'argent, on voit que le spectre enregistré renferme pour les tubes Coolidge, comme pour les autres tubes usuels :

1° Deux bandes continues, très intenses et pénétrantes, dues à l'absorption, à travers l'émulsion, du fond continu émis par le tube; le brome et l'argent ont [1], en effet, dans la région de leurs rayons K, chacun une bande d'absorption, qui se traduirait par une bande claire (en raisonnant sur les négatifs, où les parties brillantes du spectre sont noires) si le brome ou l'argent étaient contenus dans un écran interposé entre la plaque et le tube; mais, comme l'absorption a lieu, en fait, au sein de l'émulsion, l'énergie recueillie effectue un travail chimique qui se traduit par une réduction de l'argent et l'apparition sur le cliché de deux bandes foncées à bord net du côté des grandes longueurs d'onde;

2° Les raies de l'anticathode, se composant des raies K très pénétrantes et du groupe de raies L très absorbables.

L'action sur les radiographies usuelles des raies L est généralement négligeable, $2^{mm}$ de verre ordinaire arrêtant déjà ces rayons; il en est à peu près de même des raies K, parce qu'elles ne sont pas émises avec une grande énergie.

C'est donc au spectre continu, renforcé d'une façon sélective par le brome et surtout l'argent de l'émulsion, que l'action photographique est due; on peut dire que, si les émulsions sensibles à la lumière ordinaire ne renfermaient pas précisément des éléments ayant leurs bandes d'absorption ainsi placées, elles n'auraient que peu de sensibilité pour les rayons X pénétrants et que la radiographie aurait été beaucoup plus difficile.

Quand on élève la tension de l'ampoule, le rayonnement se modifie d'une façon assez analogue à celui d'un corps noir dont on élève la température; c'est-à-dire que les intensités absolues de toutes les radiations augmentent, tandis que les intensités relatives se modifient au profit des courtes longueurs d'onde; en même temps la limite du spectre émis s'étend du côté de ces derniers rayons et le rayonnement moyen devient plus pénétrant.

La filtration par un écran non sélectif (aluminium) supprime d'abord les raies L, puis limite de plus en plus les bandes du côté des grandes longueurs d'onde. Si l'écran est suffisant, on peut arriver à un monochro-

---

(1) Voir *Comptes rendus*, t. 163, 1916, p. 87, et Barkla, *Phil. Mag.*, 1913.

matisme très grossier, à la façon des verres rouges pour la lumière (¹); mais il existe un moyen de découper dans les bandes un rayonnement pratiquement monochromatique, c'est d'interposer un écran sélectif renfermant un corps (cadmium, antimoine) de poids atomique légèrement supérieur à celui de l'argent. Cet écran absorbe sensiblement tout le rayonnement pénétrant, sauf une bande étroite comprise entre la tête de bande d'absorption due à l'écran et le bord de la bande qui provient de l'argent de l'émulsion. Un spectre pris dans ces conditions montre le phénomène d'une façon tout à fait frappante.

La radiographie médicale pourrait vraisemblablement tirer parti de ce fait.

B. Les considérations précédentes montrent l'importance de la bande d'absorption qui accompagne les raies K des éléments.

Des expériences, déjà anciennes, de MM. Barkla, Collier et Kaye ont mis en évidence une élévation de la courbe d'absorption, beaucoup moins nette du reste que dans le cas précédent, dans la région qui correspond au groupe L de raies caractéristiques des éléments.

La spectrographie des rayons X permet d'aller plus loin et de montrer que les phénomènes d'absorption accompagnant les raies L comprennent, en réalité, un *système de bandes*, à bord net du côté des grandes longueurs d'onde. On trouve, par exemple :

| | | Angle sur le sel gemme. | N (rang dans la série périodique). |
|---|---|---|---|
| Platine | Bande I | 10°.55',5 | 78 |
| Or | Bande I | 10.37 | 79 |
| | Bande II | 9.11 | » |
| Plomb | Bande I | 9.40 | 82 |
| | Bande II | 8.17 | » |
| Thorium | Bande I | 7.43 | 90 |
| Uranium | Bande I | 7.20 | 92 (²) |
| | Bande II | 6 | » |

Pour ces corps, il existe une bande III plus faible et de longueur d'onde un peu inférieure à la bande II.

(¹) Analogie du reste des plus grossières, car les rayons rouges filtrés par les verres colorés n'embrassent qu'une fraction d'octave, tandis que les rayons X pénétrants comprennent un spectre très étendu.

(²) On retrouve donc ici l'indication qu'il manque un élément entre l'uranium et le thorium.

En prenant les têtes de bandes homologues de ces éléments et en portant, en ordonnées, les racines carrées des fréquences et en abscisses, le rang N dans la série de Mendeléeff, on obtient des droites, conformément à la loi générale qui paraît s'étendre à tous les phénomènes spectraux des rayons X.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur l'attaque des verres de France, de Bohême et d'Allemagne.* Note (¹) de M. **Paul Nicolardot**, transmise par M. Henry Le Chatelier.

A la suite de l'heureuse initiative prise par la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, un certain nombre de maîtres verriers français ont entrepris la fabrication de fioles en verre mince analogues à celles de Bohême ou d'Iéna. Par la pratique courante, les chimistes analystes savaient dans quelles conditions ils pouvaient employer ces verres sans les attaquer ou quels étaient les produits de l'attaque et les erreurs à craindre, quand des réactifs trop énergiques étaient utilisés.

L'apparition de nouveaux verres pour laboratoires, les verres de France, introduisait, en analyse, des facteurs inconnus. Il importait de comparer ces verres aux verres employés jusqu'ici. L'application de méthodes analytiques, dérivées de la belle méthode d'*analyse moyenne*, proposée pour la première fois par Henri Sainte-Claire Deville, me permettait en outre de connaître la valeur des verres de France, au point de vue analytique. Aucune étude pour les établir n'ayant été entreprise, j'ai examiné, dès le mois de juin, les nouveaux verres et, après achèvement de cette étude, je crois utile de publier, non pas tous les résultats obtenus, mais ceux relatifs aux verres les plus employés et ceux dont l'importance est la plus grande pour les analystes.

Les verres examinés, d'origine certaine, provenaient de douze fabrications différentes et de coulées diverses : trois de France, A, B et C; d'Iéna, de Bohême (Krasna, Kavalier...) et de Thuringe. Il m'a donc été possible d'exécuter une nouvelle étude d'ensemble sur tous les verres, au lieu de compléter simplement les travaux des laboratoires étrangers, en répétant leurs essais sur les verres de France.

*Attaque par les réactifs.* — Voici, pour les plus importants des réactifs employés dans les laboratoires, les résultats des attaques, en maintenant à

(¹) Séance du 2 octobre 1916.

l'ébullition, dans des conditions identiques et pendant 3 heures, $300^{cm^3}$ de chaque solution. Le résidu de l'attaque a été pesé directement et par différence, toutes les fois que la chose a été possible; il n'a pas été rapporté à l'unité de surface parce que la surface des fioles n'est pas soumise d'une manière uniforme à l'action de la chaleur, le fond étant surchauffé par rapport aux parois :

| Perte en milligrammes : | A. | B. | C. | Iéna. | Krasna. | Kavalier. | Thuringe (R). | Thuringe |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Eau bouillante. 1er essai. | 5,5 | 3,0 | 2,0 | 4,0 | 8,0 | 6,0 | 5,0 | 10,0 |
| Eau bouillante. 2e essai. | 3,5 | 2,5 | 0,5 | 3,0 | 6,0 | 6,0 | 1,5 | 6,0 |
| Eau bouillante. 3e essai. | 3,5 | 2,5 | 0,5 | 2,5 | 11,0 | 7,0 | 1,0 | 5,0 |
| Eau froide (une semaine)......... | néant | néant | 0,5 | néant | 1,0 | 0,5 | 0,5 | 1,0 |
| HCl à 10 pour 100... | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1,5 |
| $NH^3$ à 50 pour 100... | 10,0 | 6,5 | 8,5 | 4,0 | 12,5 | 8,0 | 5,0 | 6,0 |
| $NH^4Cl$ : N/10....... | 5,5 | 7,0 | 5,0 | 4,5 | 8,0 | 7,0 | 2,0 | 2,5 |
| $CO^3Na^2$ : N/10...... | 20,5 | 51,0 | 27,0 | 14,0 | 122,0 | 103,0 | 27,0 | 37,0 |

D'après ces résultats, les verres de France sont comparables aux meilleurs verres d'Allemagne (Thuringe ou d'Iéna). L'étude de l'ensemble des résultats conduit à d'autres constatations. Elles ont été vérifiées au moyen d'autres méthodes : titrage à l'iodéosine de MM. Förster et Mylius et avec d'autres indicateurs colorés; mesure de la conductibilité, d'après la technique de MM. Haber et Schwenke et suivant un procédé qu'il est possible d'appliquer, même sans eau pure.

*Attaque par l'eau au-dessus de* 100°. — Les essais qui m'ont paru le mieux classer les verres sont ceux effectués au-dessus de 100° à l'autoclave, appareil que j'ai utilisé pour effectuer quelques séparations analytiques; malheureusement, peu de verres résistent à des températures supérieures à 120°. Voici les résultats obtenus avec quelques-uns des verres étudiés :

| Attaque en milligrammes : | A. | B. | C. | Iéna. | Krasna. | Kavalier. | Thuringe (R). | Thuringe |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 120°... | 5,0 | 13,5 | néant | 4,0 | 16,0 | 20,0 | 8,0 | 25,0 |
| 140... | 8,0 | 42,0 | 9,0 | 9,0 | 72,0 | 74,0 | 3,5 | 49,0 |
| 160... | 75,1 | 71,0 | 37,0 | 31,0 | 99,0 | 126,0 | 77,0 | 84,0 |

A ce point de vue, les verres de France sont donc comparables aux meilleurs verres d'Allemagne. Leur fabrication est presque aussi régulière que celle des verres de Bohême, elle est plus régulière que celle du verre d'Iéna, dont le fond seul est régulier. Les verres, après avoir subi l'action

de l'autoclave, ont été essayés de nouveau avec les divers réactifs pour voir l'influence du dépoli. Dans les résidus de toutes les attaques par l'eau se retrouvent tous les constituants des verres.

Leur résistance aux variations brusques de température a été étudiée sur des fioles coniques de 500$^{cm^3}$, identiques aux précédentes. Elles sont remplies de paraffine et placées, toutes ensemble, dans une étuve, dont la température était uniformément élevée de 100° à 225°. Par intervalle de 25°, elles étaient plongées brusquement dans l'eau froide; on note la température à laquelle une fiole de chaque série se brise. La rupture a lieu en général par décollement circulaire du fond.

| | A. | B. | C. | Iéna. | Krasna. | Kavalier. | Thuringe. (R). | Thuringe. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Température de rupture : | 125° | 175° | 175° | 225° | 200° | 175° | 175° | 175° |
| Épaisseur du fond maximum.. | 1,5 | 1,4 | 0,8 | 0,8 | 1,2 | 0,8 | 1,0 | 1,6 |
| Épaisseur du fond minimum.. | 0,8 | 0,6 | 0,3 | 0,6 | 0,7 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |

A côté de la composition du verre et des variations d'épaisseur, la forme des verres a une influence. Voici, pour une autre coulée du verre A, les résultats obtenus par intervalle de 5° :

| | Verre cylindrique. | Fiole conique à fond bombé. | Fiole ronde à fond plat. |
|---|---|---|---|
| Température de rupture.... | 120° | 160° | 180° |

L'analyse de ces verres a été effectuée par les méthodes ordinaires et également par chauffage avec le nitrate de baryum qui, au-dessus de 800°, fournit de la baryte caustique. La composition de quelques verres et de certaines coulées est la suivante :

| | A. | B. | C. | Iéna. | Krasna. | Kavalier. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $SiO^2$......... | 71,92 | 70,10 | 67,52 | 66,04 | 72,92 | 71,50 |
| $B^2O^3$......... | néant | néant | 4,98 | 8,02 | 1,96 | 3,94 |
| $P^2O^5$......... | 0,05 | 0,04 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,04 |
| As, S, Cl, F.... | néant | néant | néant | néant | néant | néant |
| PbO ......... | » | 4,94 | » | » | » | » |
| $Al^2O^3$......... | 0,41 | 0,58 | 0,54 | 1,05 | 0,32 | 0,50 |
| FeO.......... | 0,35 | 0,28 | 0,25 | 0,38 | 0,20 | 0,21 |
| MnO......... | traces | 0,66 | néant | 0,40 | traces | traces |
| ZnO.......... | 5,96 | néant | 6,02 | 10,02 | néant | néant |
| MgO......... | 0,28 | 0,36 | 0,06 | 5,98 | 0,28 | 0,26 |
| CaO.......... | 6,86 | 6,27 | 5,60 | néant | 8,17 | 8,56 |
| $Na^2O$......... | 14,20 | 31,23 | 6,51 | 8,14 | 13,89 | 9,43 |
| $K^2O$.......... | néant | 5,64 | 8,52 | traces | 2,27 | 5,54 |

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques hydrocarbures contenus dans la houille.* Note de MM. **Amé Pictet**, **L. Ramseyer** et **O. Kaiser**, présentée par M. Armand Gautier.

Après avoir reconnu que la distillation de la houille sous pression réduite fournit un goudron spécial qui est formé surtout d'hydrocarbures de la série hydro-aromatique [1], nous nous sommes demandé si ces corps existent comme tels dans la houille, ou s'ils sont les produits d'une décomposition ou d'une dépolymérisation provoquée par la chaleur. Pour répondre à cette question, il n'était guère d'autre moyen que de recourir à l'emploi des dissolvants neutres. On sait que de nombreux travaux ont déjà été faits sur l'action que des différents liquides minéraux et organiques exercent sur les charbons fossiles. Depuis Commines de Marcilly (1862), ces travaux ont été poursuivis presque sans interruption jusqu'à nos jours ; les derniers en date sont dus à MM. Vignon, Wahl, F. Fischer et Glund. Mais le but de leurs auteurs était surtout d'établir les pouvoirs d'extraction relatifs des divers solvants, et il n'a été isolé jusqu'ici de cette manière aucun corps défini dont on ait fixé la constitution, ou même la composition.

Nous avons repris ces expériences avec une houille grasse de la Sarre (Maybach) et en employant comme dissolvant le benzol bouillant. Grâce à l'obligeance de MM. F. Hoffmann La Roche et C^ie^, à Bâle, nous avons pu opérer sur une assez grande échelle. Cinq tonnes et demie de charbon ont été traitées, au laboratoire technique de cette maison, dans des appareils du système Soxhlet.

La houille, préalablement concassée en morceaux de la grosseur d'un pois, a été épuisée pendant 4 jours ; la solution a été ensuite réduite à 20 litres par distillation, puis additionnée de 100 litres d'éther de pétrole (point d'ébullition 35°-90°). Il se précipite ainsi une poudre amorphe brun clair ($2^{kg},7$) que nous n'avons pas encore examinée. Le dissolvant est ensuite chassé au bain-marie ; il reste un liquide brunâtre, assez fluide ($10^{kg},6$). Le rendement total en produits d'extraction est donc très faible (0,25 pour 100) ; on peut, il est vrai, l'augmenter en pulvérisant plus finement le charbon, mais les opérations subséquentes en sont alors rendues très malaisées.

L'extrait liquide a les plus grands rapports avec le goudron du vide ; il possède la même odeur, la même densité, et une composition chimique très semblable. Il contient, comme lui, environ 0,5 pour 100 de substances basiques et 2 pour 100 de corps

---

(1) *Comptes rendus*, t. 157, 1913, p. 779 et 1436 ; t. 160, 1915, p. 629.

oxygénés à fonction alcoolique, le reste étant constitué par un mélange d'hydrocarbures, dont les uns ($\frac{1}{4}$) sont saturés, et les autres ($\frac{3}{4}$) ne le sont pas.

Pour séparer ces composés, nous avons procédé exactement comme pour le goudron du vide, c'est-à-dire par des traitements successifs à l'acide chlorhydrique, au sodium et à l'anhydride sulfureux liquide. Les hydrocarbures ont été ensuite soumis à une série de distillations fractionnées de 2° en 2°. Nous avons analysé les fractions principales et déterminé leurs poids moléculaires, leurs densités et leurs indices de réfraction. Enfin il nous a été possible d'établir la constitution de quelques-uns des hydrocarbures en les convertissant en dérivés aromatiques bromés ou nitrés déjà connus.

Nous avons pu ainsi isoler et caractériser les composés suivants :

| Formule. | Point d'ébullition. | Densité à 20°. | Indice de réfraction à 20°. | Constitution. |
|---|---|---|---|---|
| | | *Hydrocarbures non saturés.* | | |
| $C^7H^{10}$ | 108°-110° | 0,7970 | 1,4444 | Dihydro-toluène |
| $C^8H^{12}$ | 135-137 | 0,8324 | 1,4697 | Dihydro-*m*-xylène |
| $C^9H^{14}$ | 166-168 | 0,8454 | 1,4773 | Dihydro-mésitylène |
| $C^{10}H^{16}$ | 180-182 | 0,8482 | 1,4850 | Dihydro-prehnétol (?) |
| $C^{11}H^{16}$ | 200-202 | 0,8745 | 1,4948 | » |
| $C^{14}H^{16}$ | 236-238 | 0,9593 | 1,5523 | » |
| $C^{13}H^{12}$ | 251-254 | (solide, point de fus. : 109°) | | Dihydro-fluorène (?) |
| | | *Hydrocarbures saturés.* | | |
| $C^8H^{16}$ (?) | 118°-122° | 0,7492 | 1,4076 | » |
| $C^9H^{18}$ (?) | 135-138 | 0,7551 | 1,4106 | » |
| $C^{10}H^{20}$ (?) | 172-174 | 0,7759 | 1,4205 | » |
| $C^{11}H^{22}$ | 190-192 | 0,7827 | 1,4250 | » |
| $C^{12}H^{24}$ | 215-216 | 0,7887 | 1,4319 | » |
| $C^{13}H^{26}$ | 227-229 | 0,7952 | 1,4370 | » |
| $C^{30}H^{60}$ | >300 | (solide, point de fus. : 62°-63°) | | Mélène |

Ces hydrocarbures, extraits de la houille à la température de 80°, sont-ils les mêmes que ceux que l'on obtient par distillation dans le vide à la température de 450°? Il ne nous est pas encore possible de l'assurer en ce qui regarde les hydrocarbures *non saturés*, notre étude des composés correspondants du goudron du vide n'étant pas terminée. Mais nous pouvons être plus affirmatifs au sujet des hydrocarbures *saturés*, du moins de quelques-uns d'entre eux. L'analyse élémentaire des trois premières fractions nous a donné des chiffres un peu trop élevés pour l'hydrogène, ce qui

indique que les carbures en $C^nH^{2n}$ y sont mélangés et d'une petite quantité de carbures en $C^nH^{2n+2}$; nous les laissons donc provisoirement de côté. En revanche, pour les trois hydrocarbures suivants, auxquels l'analyse et la cryoscopie assignent, d'une manière certaine, les formules $C^{11}H^{22}$, $C^{12}H^{24}$ et $C^{13}H^{26}$, on constate que leurs propriétés présentent une concordance parfaite avec celles des hydrocarbures de même composition que nous avons retirés du goudron du vide, et qui sont identiques à leur tour aux naphtènes trouvés par M. Mabery dans le pétrole du Canada. En comparant les chiffres de notre Tableau avec ceux qui ont été donnés précédemment [1], on se convaincra qu'il s'agit bien, dans les trois cas, des mêmes composés.

On peut en dire autant de l'hydrocarbure solide $C^{30}H^{60}$, que nous avons trouvé identique en tous points au *mélène* retiré soit du goudron du vide, soit du pétrole de Galicie.

Une partie tout au moins des hydrocarbures du goudron du vide existent donc comme tels dans la houille; la distillation sous pression réduite ne les sépare que par simple volatilisation, sans qu'il y ait phénomène de décomposition pyrogénée.

La houille apparaît dès lors comme une matière hydrocarbonée solide imprégnée d'un liquide chimiquement très voisin du pétrole.

Cette dernière analogie est rendue plus frappante encore par ce fait que cette partie liquide de la houille est, comme la plupart des pétroles, douée du pouvoir rotatoire. Pris dans son ensemble, notre extrait de houille est très faiblement lévogyre ($[\alpha]_D^{20°} = -0°,08$). Après élimination des alcools par le sodium, il devient dextrogyre ($[\alpha]_D = +0°,27$). Une fois les hydrocarbures séparés les uns des autres par traitement à l'anhydride sulfureux et par distillation fractionnée, on observe qu'aucune des fractions des hydrocarbures non saturés n'a d'action sur la lumière polarisée; il en est de même des fractions basses des hydrocarbures saturés, jusqu'à 180° environ. Le pouvoir rotatoire ne réapparaît que chez les fractions supérieures; mais alors il change de signe d'une fraction à l'autre. Ainsi, la fraction 215°-216° ($C^{12}H^{24}$) nous a donné une déviation de $[\alpha]_D = -0°,53$, et la fraction 227°-229° ($C^{13}H^{26}$) de $[\alpha]_D = +1°,56$. On sait que des phénomènes absolument semblables ont été observés par Engler et Steinkopf [2] chez les pétroles.

---

(1) *Comptes rendus*, t. **160**, 1915, p. 630.

(2) *Berichte der d. chem. Ges.*, t. **47**, p. 3358.

Nous n'avons jamais trouvé d'activité optique à aucune fraction du goudron du vide. On doit en conclure que la température de 450° suffit à racémiser les substances volatiles actives contenues dans la houille. On a en même temps la preuve que les matériaux qui l'ont formée n'ont jamais été portés à cette température.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le dosage de l'acide phénique dans les phénols bruts du goudron.* Note de MM. **René Masse** et **Henri Leroux**, présentée par M. Haller.

L'acide phénique, découvert par Runge dans les goudrons de houille, fut surtout étudié par Laurent qui indiqua, en 1841, le procédé de préparation encore suivi aujourd'hui (*Ann. de Chim. et de Phys.*, 3e série, t. 3, p. 195). Le traitement comprend : 1° la séparation des phénols contenus dans les huiles à créosote par agitation avec de la soude; 2° la mise en liberté des phénols bruts par acidification; 3° l'extraction de l'acide phénique par des rectifications accompagnées de cristallisations.

Les phénols bruts bien préparés, c'est-à-dire privés de naphtaline, forment un produit composé d'eau, d'acide phénique, des crésols (ortho, méta, para), de xylénols et homologues, de matières goudronneuses de nature phénolique.

Les propriétés chimiques de l'acide phénique et des crésols sont si voisines, qu'il est impossible d'utiliser, en vue d'un dosage, l'action de quelques réactifs simples, des halogènes par exemple. Ainsi le procédé au brome, de Koppeschaar, ne peut s'appliquer qu'à un mélange d'acide phénique et d'orthocrésol non souillé de métacrésol.

Par contre, l'examen des caractères physiques des mélanges d'acide phénique et des crésols nous a conduit à un procédé analytique, inspiré d'une méthode indiquée par Duclaux, dont le principe repose sur le fractionnement des liquides (*Traité de Microbiologie*, t. 3, p. 355).

Les points d'ébullition [1] de l'acide phénique, de l'orthocrésol, du métacrésol, du paracrésol sont respectivement, sous la pression de 760mm réduite à 0° : 182°, 191°,5, 201°,8, 201°,2; ceux des xylénols accom-

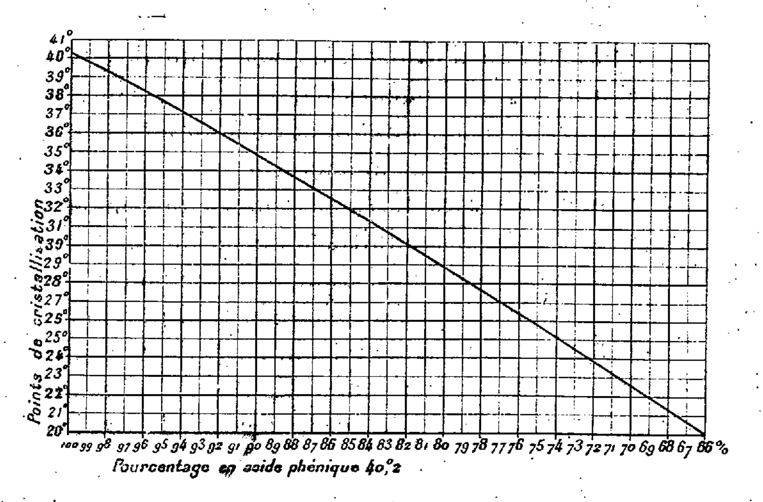
[1] Ces températures d'ébullition ont été prises en employant un ballon Berthelot et un thermomètre Baudin dont la tige, dans la région intéressée, se trouvait entièrement dans les vapeurs.

pagnant ces corps sont : 220° et 225°. En concentrant l'acide phénique, par une première opération, dans les parties distillant avant 203°, puis en rectifiant le produit obtenu et recueillant ce qui passe jusqu'à 198°, on constitue des fractions de richesse décroissante. La quantité d'acide phénique contenue dans ces fractions peut être appréciée en déterminant le point de cristallisation de chacune d'elles.

L'acide phénique commercial, dit 40°-42°, possède un point de solidification ou de fusion légèrement supérieur à 40°; nous indiquerons dans une autre Note les raisons qui nous conduisent à admettre pour l'acide phénique pur 40°,85 (41° corrigé); néanmoins, la teneur des phénols bruts sera évaluée en acide phénique 40°,2, produit que la fabrication fournit couramment.

Quand on ajoute à de l'acide phénique pur (40°,85) soit de l'orthocrésol, soit du méta-para-crésol $\frac{60}{40}$ (liquide préparé par rectification contenant 60 de métacrésol pour 40 de paracrésol), soit un mélange des trois crésols formé de 50 parties d'ortho et de 50 parties de méta-para $\frac{60}{40}$, on constate que les points de cristallisation sont très voisins pour une même teneur en crésols, et ceci tant que la proportion ajoutée est inférieure à 33 pour 100. Les températures observées sont alors comprises entre 40°,85 et 21°.

Il est évident que les résultats sont du même ordre quand on utilise comme point de départ l'acide phénique 40°,2, et la courbe ci-dessous




donne les points de cristallisation de l'acide phénique 40°,2, additionné d'un mélange à parties égales d'orthocrésol et de méta-paracrésol $\frac{60}{40}$.

La marche analytique est la suivante [1] :

Trois kilogrammes de phénols bruts sont introduits dans un appareil distillatoire comprenant un ballon en cuivre de $4^l$ surmonté d'une colonne Vigreux de $60^{cm}$ de longueur. La distillation étant réglée à l'allure de $7^{cm^3}$ à $8^{cm^3}$ à la minute, on divise le distillat en trois parties : (*a*) eau et phénols entraînés jusqu'à 180° ; (*b*) liquide passant de 180° à 203°; (*c*) $100^{cm^3}$ environ distillant au-dessus de 203°. On ajoute au liquide (*a*) une quantité suffisante de chlorure de sodium (35 pour 100) pour précipiter les phénols dissous; après décantation, ces phénols sont réunis à la partie (*b*) et le tout est introduit dans un ballon de capacité appropriée. Les vases ayant contenu ces produits sont lavés avec (*c*), les liquides de lavage sont versés dans le ballon.

La rectification est effectuée en utilisant la même colonne que précédemment; et l'on recueille des fractions de $250^g$ à $300^g$, à raison de $4^{cm^3}$ par minute, jusqu'à ce que la température des vapeurs soit 198°. On détermine alors le point de cristallisation de chaque fraction.

Une indication approchée est obtenue en refroidissant rapidement dans un tube à essai une petite quantité de l'échantillon. L'expérience est répétée en utilisant $30^g$ ou $40^g$ de produit placé dans un petit vase cylindrique. On laisse refroidir lentement de façon à obtenir une surfusion de 1° à 2°, en ajoutant un peu d'acide phénique, la cristallisation s'amorce et la température remonte. Le maximum observé est pris comme point de cristallisation. Si, dans l'essai préliminaire, la température est inférieure à 21°, l'échantillon est enrichi par addition d'une quantité suffisante d'acide phénique 40°,2, afin d'obtenir un point de cristallisation voisin de 25°. En tenant compte de l'acide phénique introduit, on calcule la teneur réelle de chaque fraction.

La technique analytique que nous proposons, sans être d'une rigueur absolue, permet cependant d'apprécier la richesse d'un phénol brut, à moins de 1 pour 100 près. Dans l'essai d'un liquide aussi complexe, on ne saurait prétendre à une plus grande précision.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Semicarbazones d'acides α-cétoniques. Acides cinnamiques α-iodés.* Note de M. J. **Bougault**, présentée par M. Ch. Moureu.

Dans mes précédentes Communications à l'Académie [2], j'ai signalé deux réactions générales des semicarbazones des acides α-cétoniques : l'une

---

(1) Nous publierons dans un autre recueil le détail des opérations.

(2) *Comptes rendus*, t. 159, 1914, p. 83 et 631 ; t. 163, 1916, p. 237.

qui conduit, par déshydratation, aux dioxytriazines substituées en (6); l'autre qui fournit, par oxydation et départ de $CO^2$, des acidylsemicarbazides.

Ces deux réactions, d'ailleurs très différentes quant aux processus et aux résultats, ont cependant ceci de commun qu'elles respectent le groupement semicarbazide. Dans une troisième réaction, que je signale aujourd'hui et qui s'effectue par l'action de l'iode et de la soude, le groupement semicarbazide est, au contraire, détruit et remplacé par $2^{at}$ d'iode, tout au moins dans un premier temps de la réaction. Parfois ce premier temps passe inaperçu et l'on recueille seulement les acides éthyléniques $\alpha$-iodés dérivant, par perte de HI, du composé saturé $\alpha$-diiodé d'abord formé.

C'est ainsi, pour prendre un exemple, que la semicarbazone de l'acide phénylpyruvique, traitée par l'iode et la soude, donne les deux acides cinnamiques $\alpha$-iodés stéréoisomères

$$C^6H^5.CH^2.\underset{\underset{N.NH.CO.NH^2}{\|}}{C}.CO^2H \rightarrow C^6H^5.CH^2.CI^2.CO^2H \rightarrow C^6H^5.CH = CI.CO^2H.$$

Dans ce cas particulier, je n'ai pas isolé l'acide saturé diiodé, mais j'ai constaté sa formation dans d'autres cas que je ferai connaître plus tard, ce qui vient à l'appui du processus indiqué.

I. L'opération s'effectue très simplement en ajoutant un léger excès d'iode à la solution très alcaline de la semicarbazone de l'acide phénylpyruvique. Après 10 minutes de contact, on acidule par l'acide chlorhydrique. Il se forme un précipité fortement chargé d'iode; d'abord sirupeux, il ne tarde pas à cristalliser.

C'est un mélange des deux acides cinnamiques $\alpha$-iodés stéréoisomères, non signalés jusqu'ici.

Pour les séparer, j'ai utilisé un procédé que je résume brièvement parce que j'ai reconnu qu'il était applicable non seulement à ce cas, mais à d'autres analogues et aussi à la séparation des acides stéréoisomères $\alpha$-bromés et $\alpha$-chlorés. Il est basé sur l'insolubilité du sel de potassium acide de la forme stable de l'acide $\alpha$-halogéné.

On dissout le mélange des deux acides dans l'eau à l'aide de bicarbonate de potassium et l'on acidule par l'acide acétique tant qu'on observe un précipité; on laisse cristalliser 24 heures dans un lieu frais et l'on sépare par filtration.

Dans le cas des acides cinnamiques $\alpha$-iodés, le précipité a la formule

$$(C^6H^5.CH = CI.CO^2)^2KH.$$

Ce sel étant recueilli il est facile d'en régénérer, par l'acide chlorhydrique, l'acide cinnamique α-iodé stable.

Les eaux mères acides, séparées du sel de potassium, sont agitées avec l'éther qui enlève un peu d'acide α-iodé stable resté en solution et un peu de l'acide labile. L'éther étant décanté, les eaux mères sont acidulées par l'acide chlorhydrique et fournissent ainsi l'acide α-iodé labile.

II. L'acide cinnamique α-iodé stable fond à 160°-162°, la forme labile à 108°-110°.

J'ai pu constater le passage de la forme labile à la forme stable par chauffage avec de la pyridine pendant quelques heures au bain-marie.

Les deux acides cinnamiques α-iodés sont très solubles dans l'alcool, l'éther, le benzène, le sulfure de carbone, fort peu solubles dans l'éther de pétrole et insolubles dans l'eau.

Leur solution dans ces divers solvants s'oxyde rapidement à l'air avec dégagement d'iode, circonstance qui gêne beaucoup leur purification par cristallisation.

Traités par le zinc et l'acide acétique, ils donnent l'un et l'autre et exclusivement, l'acide cinnamique ordinaire. Avec la poudre de zinc et l'alcool, on obtient, outre l'acide cinnamique ordinaire, une petite quantité d'un acide à point de fusion très bas, que je n'ai pu obtenir pur et qui doit être l'acide allocinnamique.

Chauffés au bain-marie avec une solution aqueuse de carbonate de sodium, ils se transforment lentement en acide phénylpyruvique

$$C^6H^5.CH = CI.CO^2H + H^2O = C^6H^5.CH = COH.CO^2H + HI.$$

III. Que les acides cinnamiques iodés en question soient bien des dérivés α et non β, c'est ce qu'établissent avec certitude les faits suivants :

1° La transformation en acide phénylpyruvique qui vient d'être indiquée; 2° le fait que les deux dérivés β-iodés sont connus et différents des deux acides décrits dans cette Note; 3° en remplaçant l'iode par le brome ou le chlore dans la réaction qui m'a fourni ces acides iodés, c'est-à-dire en faisant agir l'hypobromite ou l'hypochlorite de soude sur la semicarbazone de l'acide phénylpyruvique, j'ai obtenu un mélange de deux acides bromés ou chlorés, que j'ai séparés et identifiés avec les deux acides cinnamiques α-bromés ou α-chlorés : je puis donc en conclure, par analogie, que mes deux acides iodés sont des dérivés α.

IV. La littérature chimique mentionne un troisième isomère β-iodé,

fondant à 160°-162°, préparé par Ortoleva [1], et qui vient ainsi en surnombre au regard des prévisions théoriques. Étant donnée l'identité du point de fusion de cet acide avec mon dérivé α-iodé stable, j'ai pensé à une identification possible. Reprenant la préparation de l'acide iodé d'Ortoleva, telle qu'il l'a décrite, j'ai isolé son acide et l'ai comparé au mien : il y a identité. C'est donc à tort que le chimiste italien avait attribué à son acide la formule d'un dérivé β-iodé, c'est l'acide cinnamique α-iodé stable.

*En résumé*, l'action de l'iode et des alcalis libres, sur les semicarbazones de certains acides α-cétoniques, donne des acides éthyléniques α-iodés, en passant probablement par l'acide saturé diiodé. Appliquée à la semicarbazone de l'acide phénylpyruvique, cette réaction a conduit aux deux acides cinnamiques α-iodés stéréoisomères.

J'ai obtenu des résultats analogues avec l'acide benzylpyruvique.

BOTANIQUE. — *Sur la structure du pédicelle floral des* Mesembryanthemum. Note de M. G. Barthelat, présentée par M. Guignard.

Les principaux auteurs qui se sont occupés spécialement de l'anatomie des pédicelles floraux et fructifères, notamment E. Laborie [2] et J. Pitard [3], n'ont pas manqué de signaler, sans insister d'ailleurs sur leur signification et sur leur parcours, l'existence de faisceaux libéro-ligneux dans le parenchyme cortical de quelques-uns de ces axes.

La présence de ces faisceaux paraît être une exception, puisque Pitard, au cours de son étude qui a porté sur plus de 130 familles, ne cite que les suivantes chez lesquelles l'écorce du pédicelle en serait pourvue : Sterculiacées, Magnoliacées, Renonculacées-Pœoniées, Erythroxylées et Calycanthacées. Or, sans vouloir exagérer l'importance du caractère dont il s'agit, nous avons constaté que la famille des Mésembryanthémées (particulièrement le genre *Mesembryanthemum*) doit être ajoutée à cette liste.

Dès 1867, ceux de ces faisceaux corticaux qui se trouvent dans la pédicelle de *M. violaceum* n'avaient pas échappé aux investigations de Van

---

(1) *Gaz. chim. ital.*, t. 29 (I), p. 506.

(2) E. Laborie, *Recherches sur l'anatomie des axes floraux* (Thèse de doctorat ès sciences, Paris, 1888).

(3) J. Pitard, *Recherches sur l'anatomie comparée des pédicelles floraux et fructifères* (Thèse de doctorat ès sciences, Paris, 1899).

Tieghem (¹) qui les a figurés dans son remarquable Mémoire sur la structure du pistil. Mais, à ce sujet, le savant auteur a commis une erreur manifeste en indiquant qu'ils naissent et se détachent du cercle vasculaire situé dans le cylindre central « à quelque distance au-dessous de la base de l'ovaire » pour passer dans l'écorce et s'y ramifier. Il a, toutefois, parfaitement constaté que leurs dernières branches supérieures pénètrent dans les sépales de chaque côté de la nervure médiane.

D'autre part, Pitard (²), qui a étudié la structure du pédicelle chez deux autres espèces du même genre (*M. crystallinum* et *cordifolium*), a complètement oublié de mentionner l'existence des petits faisceaux corticaux.

Il résulte de nos recherches que leur présence est certaine chez la plupart des *Mesembryanthemum* que nous avons examinés, avec cette réserve, cependant, qu'ils s'éteignent à des niveaux différents de l'axe floral.

Chez *M. crystallinum*, *cordifolium*, *geniculiflorum*, *relaxatum*, *blandum*, *noctiflorum*, *vaginatum*, *uncinatum*, *linguiforme*, *scapiger*, *vespertinum*, ces faisceaux existent, en nombre variable suivant les espèces, au milieu du pédicelle, où ils sont placés dans la zone moyenne du parenchyme cortical en formant un cercle plus ou moins régulier; leur orientation est normale, c'est-à-dire que leur partie libérienne est externe par rapport aux trachées; ils se terminent dans la moitié inférieure du pédicelle et sans jamais entrer en connexion avec les faisceaux principaux du cylindre central; enfin, les parties libérienne et ligneuse de chaque faisceau ne disparaissent pas simultanément, et c'est généralement le liber qui persiste le dernier.

Chez *M. barbatum*, *bulborum*, *floribundum*, *pyropeum*, *emarginatum* (*violaceum*), *crassulinum*, *crassifolium*, *Cooperi*, *rubricaule*, *edule*, *Ecklonis*, *subincanum*, *Lehmanni*, *falciforme*, il existe aussi des faisceaux pédicellaires corticaux qui offrent une structure et une disposition analogues, mais ils s'éteignent dans la région supérieure de l'axe.

Tous ces faisceaux ont la même origine : ce sont des faisceaux secondaires descendants qui proviennent des sépales; ils traversent, en s'anastomosant les uns avec les autres, la région externe de l'ovaire qui est infère; puis ils atteignent la pédicelle où, comme il vient d'être dit, la longueur de leur parcours est différente suivant les espèces.

Au cours de nos observations, nous avons constaté, en outre, que le

(¹) Ph. Van Tieghem, *Recherches sur la structure du pistil et sur l'anatomie comparée de la fleur* (*Mémoires présentés à l'Académie des Sciences*, t. 21, p. 172; Paris, 1895).

(²) J. Pitard, *loc. cit.*, p. 191.

nombre, la disposition et l'importance des faisceaux principaux situés dans le cylindre central des pédicelles sont toujours en rapport étroit avec l'organisation de la fleur.

Chez *M. cordifolium* et *geniculiflorum*, par exemple, où la fleur apétale est construite sur le type 4, il existe huit faisceaux libéro-ligneux principaux qui sont séparés et disposés suivant un quadrilatère : quatre sont destinés aux sépales et quatre aux étamines et aux carpelles.

Chez *M. blandum* et beaucoup d'autres espèces, dont la fleur répond au type 5, le pédicelle possède dix faisceaux principaux disposés en cercle irrégulier ou suivant une figure pentagonale. Dans tous les cas, ce sont les faisceaux sépalaires qui occupent les angles de la figure, en alternance avec les faisceaux staminaux et carpellaires dont la division n'a lieu qu'à la base des loges ovariennes.

Chez *M. linguiforme* et *edule*, où le nombre des loges atteint ou dépasse 9 ou 10, celui des faisceaux principaux du pédicelle est ordinairement deux fois plus élevé.

Cette concordance parfaite s'explique tout naturellement si l'on considère le système libéro-ligneux des pédicelles comme formé uniquement par les traces qui descendent des pièces florales. Elle permet de comprendre les analogies et les différences qui existent entre la structure de ces axes et celle des tiges primaires correspondantes.

CYTOLOGIE. — *Observation sur le vivant de la formation cytologique de l'anthocyanine.* Note [1] de M. **Marcel Mirande**, présentée par M. Guignard.

Quelques cas d'observation *in vivo* de la formation du pigment anthocyanique ont été cités dans ces temps derniers; je rappelle, à ce sujet, principalement les travaux de Guilliermond [2] et de F. Moreau [3]. Les observations de ce dernier auteur apportent une confirmation aux résultats obtenus par le premier sur l'origine mitochondriale de l'anthocyanine et sur les diverses modalités de la formation de ce pigment. Toutes les plantes étudiées jusqu'ici à ce point de vue sont des Phanérogames. J'ai eu l'occasion d'étudier, parmi les Ptéridophytes, une plante qui se prête d'une manière remarquable à l'observation sur le vivant de la genèse de l'anthocyanine, l'*Azolla filiculoides*. Cette Salviniacée semble nous présenter une

---

(1) Séance du 2 octobre 1916.

(2) *Revue générale de Botanique*, 1914; *Comptes rendus*, t. **161**, 1915, p. 494 et 567.

(3) *Bull. de la Soc. de Biologie*, 1914; *Bull. de la Soc. Bot. de France*, 1915.

modalité nouvelle de formation de l'anthocyanine, en même temps qu'elle nous permet de confirmer à nouveau l'origine mitochondriale de ce pigment.

On sait que la tige de cette petite plante nageante porte deux rangées de feuilles alternes et imbriquées, sessiles et à deux lobes. Les lobes ventraux, qui sont au contact de l'eau, sont minces, pauvres en chlorophylle, presque hyalins. Les lobes dorsaux ont une marge presque hyaline et mince, mais leur partie centrale, creusée d'une cavité où vivent des Anabènes, est épaisse et à mésophylle à la fois palissadique et lacuneux, et très vert. L'épiderme est légèrement papilleux et présente, sur les lobes dorsaux, des stomates d'une structure particulière. Les feuilles prennent parfois un rougissement anthocyanique plus ou moins intense, qui progresse depuis la pointe des lobes, colore simplement la marge ou bien s'étend au lobe tout entier. Dans ce cas de rougissement extrême, la tige elle-même se colore fortement.

L'anthocyanine se forme dans les cellules épidermiques, les cellules compagnes des stomates, les cellules palissadiques. Sur un même lobe, dorsal ou ventral, bien choisi, placé dans une goutte d'eau et observé à l'immersion à huile, il est souvent possible de suivre, sur le vivant, les divers processus du rougissement, que l'on peut résumer ainsi :

Sur un lobe foliaire, avant toute trace de pigmentation ou au début de celle-ci, on peut voir, dans de nombreuses cellules, des granulations incolores et brillantes animées, le plus souvent, d'un mouvement brownien plus ou moins intense, occupant, très fréquemment, presque toute la cellule dont le noyau est placé dans le mince protoplasme pariétal. Ces granulations sont donc, apparemment, plongées dans une vacuole centrale. Dans certaines cellules ces granulations sont très petites, de la taille des mitochondries ordinaires, isolées ou groupées en petites chaînettes simples ou plus ou moins ramifiées, parfois réunies en amas plus ou moins volumineux. Dans d'autres cellules les granulations sont plus grosses; ce sont parfois des sphérules d'une certaine taille, généralement isolées. Des cellules contiennent aussi des granulations de tailles diverses. Dès que ces corpuscules atteignent une certaine dimension on peut souvent y distinguer un noyau central entouré d'une mince enveloppe. Le perchlorure de fer, l'acide osmique, le bleu de méthylène en coloration vitale produisent sur ces corpuscules les réactions colorées cytologiques ordinaires des composés phénoliques. Le bleu de méthylène met particulièrement en évidence le noyau central et l'enveloppe des corpuscules; çà et là on peut observer deux noyaux dans une même enveloppe.

Si l'on examine les cellules en voie de pigmentation ou déjà bien colorées, on se rend aisément compte que le pigment se forme dans les corpuscules incolores que je viens de décrire. On peut suivre tous les stades de leur rougissement, depuis le rose très clair jusqu'au rouge vif.

J'ai pu même, dans une observation d'une durée d'une heure environ, constater une augmentation sensible de l'intensité du rougissement dans des cellules pâles au début. Les corpuscules colorés sont animés, eux aussi, très fréquemment, de mouvements browniens; ils présentent les dimensions diverses et les groupements divers, énumérés ci-dessus, des corpuscules incolores, et aussi d'autres groupements, moins visibles dans les corpuscules incolores, et dans le détail desquels je ne puis entrer dans cette Note. A partir d'une certaine taille, on peut observer, dans ces corpuscules, un noyau central entouré d'une enveloppe.

A côté des cellules précédentes, d'autres cellules, placées principalement dans la région marginale des lobes foliaires, présentent d'autres phénomènes. Leur rougissement est donné, non par des granulations petites ou grosses, libres ou associées en amas ou en chaînettes, mais par un unique corpuscule, assez volumineux, rappelant le *cyanoplaste* décrit, pour la première fois, dans les fleurs, par Politis (¹). Ce corpuscule est, le plus souvent, arrondi, parfois de forme irrégulière. A son maximum de pigmentation, il acquiert une teinte plus foncée que les granulations anthocyaniques ordinaires et devient violet rouge ou bleuâtre. Ce corpuscule présente souvent un noyau et un manteau bien reconnaissables. Parfois, dans la cellule, ce gros corpuscule est accompagné de quelques fines granulations rouges, isolées, en amas, en chaînettes et en mouvement brownien; dans ce cas il a, le plus souvent, la coloration anthocyanique ordinaire. Je n'ai pu observer la naissance de ce corpuscule, mais de nombreuses cellules me l'ont montré dans son stade encore incolore et à réaction phénolique et à divers degrés de rougissement. Notons enfin que de nombreuses cellules, surtout marginales, offrent des corpuscules assez gros, uniques ou accompagnés de quelques granulations, de couleur rouge ordinaire, à contours lobés ou mamelonnés et paraissant formés par l'accolement ou la fusion plus ou moins intime de plusieurs granulations ou sphérules.

Dans beaucoup de cellules, les choses ne vont pas plus loin, même au cours de toute la vie de la feuille : le rougissement y est simplement donné par des granulations animées, d'ordinaire, d'un mouvement brownien plus ou moins vif.

Dans d'autres cellules la pigmentation parcourt des stades ultérieurs, surtout lorsque la plante acquiert un rougissement prononcé, étendu et parfois presque total. Dans ce cas l'on voit, dans la vacuole où s'agitent les granulations, le liquide général prendre d'abord une coloration rose sur le fond de laquelle tranchent nettement les granulations beaucoup plus rouges. Peu à peu, la teinte des granulations s'atténue, pendant que la coloration du liquide augmente d'intensité; finalement, les granulations se dissolvent complètement et la vacuole est remplie d'un liquide rouge vif. Dans les cellules à *cyanoplaste*, je n'ai jamais observé la dissolution de ce dernier.

J'ai examiné, d'autre part, des coupes faites dans des matériaux fixés et colorés par la méthode mitochondriale de Regaud. Cette méthode permet d'observer tous les processus qui précèdent, depuis les mitochondries granuleuses colorées en noir jusqu'aux granulations de dimensions diverses qui présentent, si la différenciation a été bien conduite, une partie centrale colorée en jaune plus ou moins foncé entourée d'une zone mitochondriale noire.

(¹) Politis, *Atti dell' Istituto della R. Universita di Pavia*, 1911.

En résumé : dans l'*Azolla filiculoides*, l'anthocyanine est sécrétée par des mitochondries granuleuses qui, de bonne heure, émigrant dans la vacuole centrale cellulaire où elles forment des granulations animées de mouvements browniens, s'imprègnent d'abord d'un composé phénolique, lequel se transforme peu à peu en pigment anthocyanique. Dans le cas extrême du rougissement de la cellule, les corpuscules anthocyaniques se dissolvent dans la vacuole.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur le dégagement d'oxygène provenant de la réduction des nitrates par les plantes vertes.* Note (1) de M. **Marin Molliard**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Différents faits donnent à penser que les nitrates sont réduits dans les feuilles et plusieurs auteurs ont émis l'idée qu'un dégagement d'oxygène pourrait en résulter; mais aucune preuve expérimentale n'a été fournie à l'appui de cette dernière hypothèse; je me suis demandé si une démonstration ne pourrait pas résulter de la comparaison des échanges gazeux effectués par deux plantes vertes de la même espèce, auxquelles serait donné comme aliment azoté soit un nitrate, soit un sel ammoniacal. J'ai cherché à évaluer l'influence de la nature de l'aliment azoté sur la fonction complexe de la respiration en considérant la totalité des gaz échangés pendant plusieurs semaines, au cours du développement d'une plante entière, soumise aux alternatives de jour et de nuit.

Pour arriver à ce résultat, j'ai cultivé des Radis dans une atmosphère limitée, constituée au début par de l'air normal; le gaz carbonique résultant de la respiration est décomposé à la lumière par la fonction chlorophyllienne, et la première condition à réaliser pour que le développement s'effectue normalement consiste à fournir au début un volume d'air suffisant pour que la plante n'épuise pas pendant la nuit l'oxygène qui est contenu dans le flacon de culture. Si cette condition est remplie, il est aisé de se rendre compte de ce qui doit se produire suivant que le quotient respiratoire $R = \frac{CO^2}{O^2}$ sera égal, inférieur ou supérieur à l'unité, en admettant, pour simplifier l'exposé, avec Maquenne et Demoussy (2), que le quotient $\frac{O^2}{CO^2}$ des gaz échangés par la fonction chlorophyllienne soit égal à 1.

---

(1) Séance du 2 octobre 1916.

(2) Maquenne et Demoussy, *Nouvelles recherches sur les échanges gazeux des plantes vertes avec l'atmosphère*. Paris, 1913.

Si l'on a $R > 1$, nous devons assister à un enrichissement progressif de l'atmosphère interne en oxygène et nous verrons la pression augmenter de jour en jour à l'intérieur du flacon de culture.

Disons de suite que c'est cette éventualité qui s'est réalisée dans nos cultures de Radis, en présence d'un nitrate ou d'un sel ammoniacal, du moins lorsque la période de germination a pris fin. Mais alors on conçoit facilement comment la comparaison des variations de pression peut nous renseigner sur la manière dont intervient tel ou tel aliment pour modifier les échanges gazeux; si par exemple il se dégage de l'oxygène à partir des nitrates utilisés par la plante, on doit avoir de ce fait une augmentation de la pression plus considérable que lorsque la plante absorbe un sel ammoniacal.

En fait nous avons cultivé des Radis dans des flacons munis d'un long col, auquel était adopté un tube en U de petit calibre devant servir de manomètre à mercure; on introduisait dans ces flacons $60^{cm^3}$ de ponce granulée et $40^{cm^3}$ d'un liquide minéral ayant l'une des deux compositions suivantes :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Chlorure d'ammonium..... | 0,60 | Azotate de potassium...... | 1 |
| Sulfate de magnésium..... | 0,12 | Sulfate de magnésium..... | 0,12 |
| Chlorure de potassium..... | 0,12 | Chlorure de potassium..... | 0,12 |
| Phosphate monocalcique... | 0,12 | Phosphate monocalcique... | 0,12 |
| Sulfate ferreux............ | traces | Sulfate ferreux............ | traces |
| Eau distillée (q. s.)....... | 1000 | Eau distillée (q. s.)....... | 1000 |

A ces substances il était ajouté dans les deux cas 10 pour 100 de glucose destiné à servir d'aliment carboné, la plante n'ayant en effet à sa disposition d'autre acide carbonique que celui qui est produit par la respiration; il va sans dire que les cultures devaient être par suite rigoureusement aseptiques. Une fois l'ensemencement effectué on fermait à la lampe l'extrémité du col du flacon et l'on garnissait le manomètre de mercure; le volume de l'atmosphère ainsi emprisonnée était d'environ $120^{cm^3}$; pour tenir compte des variations dues aux changements de la température et de la pression atmosphérique on procédait chaque jour aux lectures manométriques des tubes ensemencés et d'un tube témoin qui ne différait des autres que par l'absence de plante.

Considérons d'abord l'une des cultures dans lesquelles l'azote a été fourni sous forme de chlorure d'ammonium; au bout de 35 jours de développement le poids de substance fraîche était de $0^g,994$, celui de la matière sèche $0^g,153$.

L'atmosphère interne subissait tout d'abord une dépression qui passait

par un maximum correspondant à $1^{cm}$ de mercure (9 jours); la courbe remontait ensuite, la dépression devenait nulle au bout de 20 jours et était remplacée par une augmentation régulière de pression, atteignant pour 35 jours de développement, à la fin de la journée, la valeur de $2^{cm},11$; en admettant que cette augmentation soit due à une augmentation d'oxygène, qui serait ainsi de $2^{cm^3},77$, le calcul indique qu'on doit avoir à ce moment 22,5 d'oxygène pour 100 d'atmosphère; or l'analyse directe donne le même résultat.

On peut évaluer, avec une approximation assez grande, la valeur du quotient respiratoire de la plante cultivée dans ces conditions; il suffit de faire respirer cette plante, aussitôt sortie du flacon où elle s'est développée, en présence d'un volume connu d'air, et d'évaluer le volume du gaz carbonique émis dans un temps donné. Si l'on admet que l'augmentation de poids sec soit proportionnelle au temps et que l'intensité respiratoire soit elle-même constamment proportionnelle au poids de matière sèche, on trouve 1,02 pour valeur du quotient respiratoire.

La plante que nous considérerons parmi celles dont la culture s'est effectuée sur le milieu contenant de l'azotate de potassium présentait, au bout de 35 jours de développement, un poids de matière sèche égal à $0^{g},264$. Il s'est d'abord produit une dépression dans le flacon; cette dépression est passée par un maximum de $2^{cm}$ de mercure au bout de 7 jours; la pression est redevenue celle du début au bout de 14 jours, puis elle a augmenté régulièrement et beaucoup plus rapidement que dans le cas précédent; à la fin de l'expérience, l'augmentation équivalait à une colonne de mercure de $8^{cm},6$, ce qui correspond, et l'analyse directe de l'atmosphère le confirme, à une teneur en oxygène égale à 28,8 pour 100, soit à une accumulation de $13^{cm^3},74$ d'oxygène; le calcul donne 1,07 comme valeur du quotient respiratoire.

Si l'on admet que les augmentations de pression sont, pour un même milieu alimentaire, proportionnelles aux poids secs des plantes considérées et qu'on rapporte ces augmentations à un même poids sec ($0^{g},264$) pour les deux plantes qui viennent d'être envisagées, le calcul montre qu'à un atome d'azote nitrique fixé correspond sensiblement un dégagement de deux atomes d'oxygène.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Remarques sur les pouvoirs rotatoires des alcool-d-glucosides et des alcool-d-galactosides α et* β. Note (¹) de M. Em. Bourquelot, présentée par M. Moureu.

Le nombre des glucosides et des galactosides d'alcools connus s'est notablement accru dans ces derniers temps grâce à l'emploi des ferments comme agents de synthèse. Il est devenu ainsi plus facile de saisir les relations d'ordre général qui existent entre certaines propriétés de ces composés.

Dans le but de comparer leurs propriétés optiques, j'ai rassemblé ci-dessous, avec leurs pouvoirs rotatoires, quatre séries des composés en question, tous obtenus par synthèse biochimique : alcoolglucosides et alcoolgalactosides β, alcoolglucosides et alcoolgalactosides α.

| | Glucosides β. | Galactosides β. | Glucosides α. | Galactosides α. |
|---|---|---|---|---|
| | ° | ° | ° | ° |
| Méthyl- ......... | −32,50 | − 0,419 | +157,90 | +192,70 |
| Ethyl- ......... | −35,80 | − 6,69 | +150,90 | +185,50 |
| Propyl- ......... | −38,68 | − 8,86 | +140,80 | +179,04 |
| Isobutyl- ......... | −39,18 | −11,23 | » | » |
| Allyl- ......... | −42,18 | −12,15 | +131,70 | » |
| Benzyl- ......... | −53,69 | −25,05 | » | » |
| Glycyl- ......... | −30,55 | ± 0 | +135,48 | +169,90 |
| Salicyl- ......... | −46,19 | −11,80 | » | » |

L'examen de ces pouvoirs rotatoires conduit aux remarques suivantes :

1° Les dérivés β, qui résultent de l'action synthétisante de ferments contenus dans l'émulsine des amandes sur le glucose (*glucosidase* β) et sur le galactose (*galactosidase* β) au contact des alcools, sont tous lévogyres; mais le pouvoir rotatoire de tous les galactosides β sans exception est plus faible que celui des glucosides β correspondants. De plus, pour chaque série homologue de glucosides et de galactosides d'alcools saturés, le pouvoir rotatoire va en croissant avec le nombre de $CH^2$.

2° Les dérivés α, qui résultent de l'action synthétisante de ferments contenus dans la levure de bière basse séchée, sur le glucose (*glucosidase* α) et sur le galactose (*galactosidase* α), sont tous dextrogyres; mais le pouvoir rotatoire de tous les galactosides α est plus élevé que celui des glucosides α

(¹) Séance du 2 octobre 1916.

correspondants. De plus, dans chaque série homologue de glucosides α et de galactosides α d'alcools saturés, le pouvoir rotatoire va en décroissant à mesure que le nombre de $CH^2$ augmente.

En réalité, ces remarques peuvent se résumer ainsi : 1° les galactosides β et α sont plus dextrogyres [1] que les glucosides β et α correspondants, de même que les galactoses $\beta(\alpha_D = +53°)$ et $\alpha(\alpha_D = +140°)$ sont plus dextrogyres que les glucoses $\beta(\alpha_D = +20°)$ et $\alpha(\alpha_D = +109°)$; 2° toute addition de $CH^2$ détermine un déplacement de droite à gauche du pouvoir rotatoire, aussi bien chez les glucosides que chez les galactosides. Les relations qui existent entre les propriétés optiques des dérivés des sucres considérés dépendent donc surtout du pouvoir rotatoire de ces sucres.

Voyons si, en s'aidant de la formule lactonique, on pourra pénétrer plus avant dans la connaissance de ces relations.

Cette formule contient un atome $\overset{+}{C}$ de carbone asymétrique de plus que la formule aldéhydique; elle permet ainsi de comprendre l'existence des deux stéréoïsomères

```
 H    OH                 H   OH
  \ + /                   \ + /
   C                        C
   |                      /
 H.C.OH \               O/ H.C.OH
   |      O             O
HO.C.H  /                \ HO.C.H
   |   /                  \
 H.C /                     C.H
   |                       
 H.C.OH                  H.C.OH           H    OH     HO    H
   |                                       \ + /        \ + /
  CH²OH                   CH²OH             C  \O        C  \O
                                            |            |
                                            C            C
```

Formule 1, glucose *d*. Formule 2, galactose *d*. Formules 3 et 4.

α et β connus de chaque sucre, lesquels diffèrent d'après la place des éléments autour du carbone asymétrique terminal (formules 3 et 4).

Si l'on passe du glucose β (supposons formule 1) au galactose β (2), on voit qu'il n'y a de modification que dans l'arrangement autour d'un carbone asymétrique de la chaîne. Or l'expérience montre que cette modification est corrélative d'un déplacement du plan de polarisation de gauche à droite, le pouvoir rotatoire du glucose β (+20°) s'élevant à +53° lorsque ce sucre devient galactose, soit un déplacement de 33°.

---

(1) J'emploie ici le mot *dextrogyre* pour mieux faire saisir les relations optiques entre galactosides et glucosides dans leur sens général.

Examinons maintenant ce qu'il en est pour les formes α. La disposition des éléments autour du carbone terminal s'est modifiée de la même façon pour les deux sucres, tandis que la différence dans l'arrangement de la chaîne n'a pas changé. Par conséquent, on devra retrouver, du glucose α au galactose α, le même déplacement du plan de polarisation de gauche à droite; et de fait, ce déplacement est de 31° (140° — 109°).

On voit ainsi comment les pouvoirs rotatoires des deux formes du galactose sont tous deux plus élevés que ceux des deux formes correspondantes du glucose, la différence étant la même dans les deux cas, puisque le poids moléculaire est le même.

Passons aux dérivés des deux sucres et comparons le méthylgalactoside β au méthylglucoside β. L'introduction du radical méthyl (formule 5)

$$\begin{array}{ccc} H & & O.CH^3 \\ & \diagdown \overset{+}{C} \diagup & \\ & | & \\ & C & \end{array}$$

Formule 5.

affecte de la même façon le carbone asymétrique des deux dérivés. Il n'y a de différence que dans l'arrangement autour de l'un des carbones de la chaîne, et l'expérience montre que, dans le cas des deux sucres, cette différence est corrélative d'un déplacement de gauche à droite du plan de polarisation, le pouvoir rotatoire du méthylglucoside β étant — 32°,5 et celui du méthylgalactoside — 0°,419 : soit un déplacement de 32°,08.

Si d'autre part nous comparons les dérivés α, nous trouvons comme différence : 34°,8; le même raisonnement peut être fait dans la comparaison des autres glucosides et galactosides. Voici les différences relevées pour les dérivés dont les formes β et α sont actuellement connues :

| | Différence entre dérivés β. | Différence entre dérivés α. |
|---|---|---|
| Méthyl-............. | 32,08 | 34,8 |
| Éthyl-............... | 29,11 | 34,6 |
| Propyl-.............. | 29,80 | 38,2 |
| Glycyl-.............. | 30,55 | 34,4 |

Étant donné surtout que quelques-uns des pouvoirs rotatoires de ces dérivés pourront être quelque peu corrigés, les valeurs ci-dessus se rapprochent assez les unes des autres et de celles qu'on a trouvées pour les sucres, pour qu'on puisse les considérer comme égales entre elles et admettre les déductions qui viennent d'être exposées.

Cependant les chiffres de la deuxième colonne sont semblablement (sauf un) plus élevés que les autres, et cela pourrait être dû à une cause inconnue. Aussi, tout en enregistrant cet ensemble de relations optiques, me paraît-il prudent d'attendre que d'autres dérivés aient été préparés avant d'énoncer une conclusion ferme.

HYGIÈNE. — *Destruction des Moustiques par les poissons.* Note de M. **Jean Legendre**, présentée par M. Edmond Perrier.

La nécessité de lutter contre le paludisme dans nos colonies me suggéra l'idée d'utiliser, pour la destruction des larves d'Anophèles, propagateurs de la malaria, larves qui vivent dans les rizières, l'avidité de certains poissons pour les larves de Moustiques et autres insectes aquatiques.

La *rizipisciculture* coloniale, c'est ainsi que j'ai appelé l'élevage du poisson dans les rizières, procède donc d'une idée d'hygiène. Les espèces ichtyologiques qui s'adaptent le mieux aux conditions de la vie des rizières sont celles qui aiment les eaux calmes et chaudes, surtout les Cyprinidés.

Le gouverneur général Picquié, qui avait compris combien mon idée était féconde pour l'avenir hygiénique et économique de la grande île où le paludisme décime la population et dont la superficie rizicole dépasse $300\,000^{ha}$, me fournit les moyens de créer, dans la banlieue de Tananarive, une station aquicole composée d'un laboratoire et de bassins d'élevage dans lesquels j'introduisis, outre les espèces indigènes dont l'étude était intéressante, deux sortes de Cyprinidés : une variété sélectionnée de *Carpe miroir* importée de France et des Carpes Maillart provenant de la Réunion.

En attendant l'acclimatation et la multiplication de ces poissons d'origine étrangère, j'expérimentai dans les rizières avec le Cyprin doré (*Carassius auratus*), autrefois introduit dans l'île par Jean Laborde. Je fis la preuve que non seulement ce poisson dévore le plus grand nombre des larves de moustiques qui vivent dans ses eaux, mais encore qu'il croît dans la rizière avec une rapidité surprenante. Pour n'en citer qu'un seul exemple, 1300 cyprins, pesant ensemble environ $6^{kg}$, déposés fin janvier dans quelques parcelles de rizière d'une superficie globale légèrement supérieure à $1^{ha}$, fournirent, cinq mois plus tard, après la récolte du riz, 18 000 (dix-huit mille) cyprins du poids total de $120^{kg}$, les plus gros atteignaient $150^{g}$.

Ceci démontre, en outre, que le Cyprin doré ou Carpe de Chine effectue sa ponte dans la rizière, qui constitue pour lui la frayère idéale ; les œufs

sont déposés sur les parties immergées de la céréale, tige ou feuilles. Les conditions biologiques exceptionnellement bonnes que l'alevin trouve dans la rizière, en particulier la petite faune aquatique qui s'y développe prodigieusement vite, grâce à la température de l'eau, sont cause de l'accroissement extrêmement rapide des cyprins qui s'y trouvent dans une véritable forcerie.

Les Malgaches sont extrêmement avides de ces poissons qu'ils pêchent avec entrain dans les rizières où le hasard des irrigations en a introduits.

La rizipisciculture a un bel avenir à Madagascar où l'on pourra produire TRENTE-CINQ MILLE TONNES (35 000 tonnes) de poisson le jour où cet élevage, extrêmement simple, s'y sera généralisé.

Madagascar est la seule colonie française qui possède, grâce à mon initiative, une station aquicole.

BACTÉRIOLOGIE. — *Sur la présence du bacille du tétanos à la surface des projectiles inclus dans des plaies cicatrisées.* Note de M. **Auguste Lumière**, présentée par M. Laveran.

Nous avons vu plusieurs cas de tétanos tardif survenir chez des blessés porteurs de plaies cicatrisées renfermant des projectiles non extraits.

L'observation suivante en est un exemple :

B..., Eugène, soldat au 2e zouaves, blessé le 13 juin 1916. Injection de sérum, aussitôt après la blessure. Petite plaie par éclat d'obus à un seul orifice situé dans la région cervicale gauche, cicatrisée au bout de quelques jours.

La radiographie avait montré un corps étranger métallique se projetant sur le bord externe de l'apophyse transverse gauche de la cinquième cervicale.

Le 23 juin, un mouvement brusque de la tête avait provoqué une douleur assez vive, mais n'ayant duré que quelques instants, au niveau du point où se trouvait le projectile.

Huit jours après cet incident, les premiers symptômes de tétanos apparaissent : trismus, raideur de la nuque, dysphagie, exagération des réflexes, sueurs profuses, pas de crises spasmodiques, contracture très marquée des muscles du cou, la tête étant rejetée en arrière. Aucune réaction inflammatoire au voisinage du projectile.

Malgré l'injection de sérum à haute dose, la contracture permanente s'étend lentement et progressivement et le blessé meurt par asphyxie 21 jours après le début de la maladie.

L'éclat d'obus inclus dans la plaie cicatrisée avait dû apporter des spores de tétanos restées à l'état de vie latente jusqu'au moment où le jeu des

muscles, dans le mouvement douloureux effectué 8 jours avant l'éclosion des premiers symptômes tétaniques, avait libéré les germes en les plaçant dans des conditions nouvelles favorables à leur développement.

Ces considérations nous ont conduit à ensemencer les projectiles extraits chez des blessés atteints de tétanos et à rechercher la présence des bacilles pathogènes dans les cultures.

Parmi les derniers cas de tétanos que nous avons observés, nous avons eu quatre blessés porteurs d'éclats d'obus non extraits au moment de l'apparition des contractures. Ces corps étrangers ont été localisés à l'aide du repéreur de M. le professeur Marion qui a procédé lui-même à l'extraction.

Dans trois cas sur quatre, l'ensemencement des projectiles a donné des résultats positifs confirmés par l'inoculation au cobaye.

Voici d'ailleurs, très résumées, les quatre observations se rapportant à ces recherches.

1° B... S..., 1er tirailleurs algériens, blessé le 18 mai 1916. Injection de sérum le 26. Plaies multiples par éclats d'obus des membres inférieurs et de la fesse gauche. La radiographie montre un gros éclat se profilant à 40mm au-dessus du sourcil cotyloïdien. Premiers symptômes de tétanos le 16 juin, 29 jours après la blessure. Tétanos localisé au membre inférieur gauche sans trismus. Extraction du projectile le 2 août. L'ensemencement a donné une culture pure de vibrion septique. Guérison.

2° L... Ernest, 6e infanterie, blessé le 26 juin 1916. Injection de sérum le lendemain. Plaies multiples des membres inférieurs, du bras droit et de l'aisselle droite. Premiers symptômes tétaniques le 3 juillet, 7 jours après la blessure. Tétanos localisé au membre inférieur gauche, au niveau duquel on ne trouve qu'une très petite plaie ponctiforme avec un éclat minuscule incrusté dans le derme. L'ensemencement de l'éclat donne une culture pure de tétanos. Guérison.

3° C... Auguste, régiment colonial du Maroc, blessé le 11 juin 1916. Injection de sérum le lendemain. Plaies multiples de la fesse droite par éclats d'obus. Cicatrisées au bout de trois semaines. La radiographie montre deux projectiles situés l'un dans la région trochantérienne externe et l'autre dans le voisinage de l'échancrure ischio-sciatique. Début du tétanos le 10 juillet, 30 jours après la blessure. Tétanos sans trismus avec contracture localisée à la jambe et à la cuisse droites. Extraction des deux projectiles le 12 août. L'ensemencement de l'éclat trochantérien donne une culture mixte de staphylocoque et de perfringens; la culture obtenue avec l'éclat de la région ischio-sciatique renferme du bacille de Nicolaïer et du staphylocoque. Guérison.

4° H... M..., 2e tirailleurs algériens, blessé le 16 juin 1916. Injection de sérum le jour même. Plaie paraissant superficielle par éclat d'obus à un seul orifice situé sur le bord spinal de l'omoplate gauche. Le 4 septembre, 80 jours après la blessure, premiers symptômes de tétanos. Pas de trismus, contractures localisées aux muscles dorsaux, lombaires, abdominaux, puis aux membres inférieurs. Le 7 septembre, incision au

niveau de la blessure, siège d'une poussée inflammatoire avec fluctuation. Découverte d'un projectile qui, ensemencé, donne une culture de bacille du tétanos mélangée de staphylocoque et de cocci.

Nous avons même trouvé, dans un cas, le bacille tétanique à la surface d'un projectile chez un blessé n'ayant pas été atteint de tétanos pour lequel l'extraction de l'éclat avait été pratiquée 38 jours après la blessure et 15 jours après cicatrisation.

Ces considérations semblent conduire aux conclusions suivantes :

1° Les projectiles inclus dans les plaies cicatrisées peuvent entraîner avec eux des spores de bacilles tétaniques qui constituent un danger pour les blessés. Il y a donc lieu de chercher à les extraire lorsqu'ils sont accessibles.

2° Les injections de sérum antitétanique s'imposent au moment de toute extraction secondaire de ces projectiles même lorsque les plaies sont cicatrisées.

La séance est levée à 16 heures.

G. D.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 16 OCTOBRE 1916.

PRÉSIDENCE DE M. CAMILLE JORDAN.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

En présentant à l'Académie le Tome II des ŒUVRES DE HENRI POINCARÉ PUBLIÉES SOUS LES AUSPICES DU MINISTÈRE DE L'INSTRUCTION PUBLIQUE, M. **Gaston Darboux** s'exprime en ces termes :

Au lendemain de la mort prématurée d'**Henri Poincaré**, ses confrères, ses amis, ses admirateurs ont été unanimes à penser que notre pays devait rendre au géomètre qu'il venait de perdre le même hommage qu'il avait rendu aux plus grands : à Lagrange, à Laplace, à Fourier, à Cauchy. Le Ministère de l'Instruction publique a décidé de publier sans tarder les *Œuvres* de Henri Poincaré. Un traité a été conclu à cet effet avec l'éditeur M. Gauthier-Villars, que tant de travaux analogues, exécutés avec un désintéressement et une habileté universellement reconnus, désignaient pour cette tâche nouvelle. Le soin de surveiller et de diriger la publication m'a été confié. Je n'en verrai pas l'achèvement; mais ce sera l'honneur de ma carrière d'en avoir provoqué et commencé l'exécution.

Le plan et le contenu des divers Volumes ont été complètement arrêtés. Dans le désir de provoquer des recherches, j'ai cru devoir commencer par le Tome II, parce qu'il contient les travaux les plus importants de la jeunesse de Poincaré, ceux qui concernent les fonctions fuchsiennes. L'hommage ainsi rendu à un savant illustre se doublera, je l'espère, d'un service rendu aux géomètres.

Dans la revision et la correction du texte, j'ai eu l'heureuse fortune d'être aidé et secondé par un jeune géomètre des plus distingués, M. *Nörlund*, professeur à l'Université de Lund. Il avait fait, depuis

longtemps, l'étude la plus approfondie des travaux que Poincaré a publiés sur ce beau sujet. Les notes nombreuses qu'il a ajoutés en différents endroits et à la fin du Volume mettront en évidence toute la valeur de sa collaboration. M. Nörlund unit à son beau talent mathématique une parfaite connaissance de la langue française.

Aux remerciements bien vifs et bien mérités que j'ai le plaisir et le devoir de lui offrir, je désire associer M. *Ernest Lebon*, professeur honoraire de l'Université, lauréat de deux de nos Académies, qui a revu avec le plus grand soin les épreuves et qui m'a déjà donné son concours si précieux pour la publication du *Bulletin des Sciences mathématiques* et pour celle de mes *Leçons*.

Commencée avant la guerre déchaînée par des mains criminelles, la publication de ce Volume, qui contient un beau portrait dû à notre Confrère de l'Académie des Beaux-Arts, M. Waltner, s'est poursuivie et achevée au milieu de difficultés de toute sorte et malgré la lenteur des communications.

BOTANIQUE. — *Anomalies déterminées par la gamogemmie consécutive au traumatisme.* Note de M. PAUL VUILLEMIN.

Quelques pieds de *Linaria vulgaris* L., enchevêtrés à des ronces à la lisière d'un champ, près d'Épinal, avaient été fauchés antérieurement, à une hauteur variant de $0^{m},12$ à $0^{m},35$. Ils nous ont fourni, le 20 septembre 1916, quarante-neuf fleurs de forme insolite. Sauf trois fleurs nettement latérales, toutes occupaient le sommet de tiges de deuxième ou de troisième ordre ; elles avaient devancé, dans leur épanouissement, les fleurs sous-jacentes.

Le traumatisme, l'époque tardive de la refloraison, souvent invoqués comme facteurs tératogènes, favorisent la production des anomalies; ils ne la déterminent pas directement; tout ce dont ils sont capables, c'est de provoquer l'apparition d'une cause prochaine, qu'il reste à dégager de la comparaison des variations numériques et morphologiques réunies simultanément dans un espace restreint.

Les nombres inscrits entre parenthèses dans le texte renvoient aux numéros d'ordre des échantillons, de 1 à 46 pour les fleurs supérieures, de 47 à 49 pour les latérales.

Aucune des quarante-six fleurs supérieures n'est munie d'un unique

éperon, réserve faite pour une fleur (32) dont la corolle était tombée, tandis que la grappe sous-jacente était encore en boutons. Une seule fleur est privée d'éperon (20); six ont deux éperons (28, 29, 43-47); cinq en ont trois (25-27, 41, 42); cinq en ont quatre (22-24, 39, 40); onze en ont cinq (6, 13, 21, 30, 31, 33-38); six en ont six (14-19); sept en ont sept (5,7-12); trois en ont huit (1, 2, 4); une en a neuf (3).

Outre les dix-sept fleurs où le nombre des éperons dépasse cinq, on trouve plus de cinq pétales avec cinq éperons (6, 13, 21), avec quatre éperons (22, 23), avec trois éperons (25-27), avec deux éperons (28, 29, 43), sans éperon (20). Au total seize fleurs à six pétales, sept à sept, trois à huit, une à neuf, deux à dix. A ces vingt-neuf corolles pléiomères ajoutons trois fleurs qui, avec une corolle pentamère, ont six (30, 31) ou sept (40) sépales. L'augmentation du nombre des pièces florales est donc dûment constatée dans trente-deux sur quarante-cinq fleurs supérieures, soit 71 pour 100. Cette proportion est un minimum, car le nombre des pétales ou des sépales n'a pas été précisé dans treize fleurs munies de deux à cinq éperons (24, 33-39, 41, 42, 44-46).

Dans les rares grappes où l'épanouissement progresse régulièrement de bas en haut, la fleur supérieure est normale. Les fleurs latérales sont pour la plupart normales. Les trois fleurs notées (47-49) ont six pétales et deux éperons.

La fleur de Linaire étant d'ordinaire construite sur le type cinq dans le calice, la corolle, l'androcée, les nombres oscillants entre cinq et dix, qui prédominent dans cette récolte, sont insolites. Ce n'est pas une raison suffisante pour considérer ces fleurs comme atypiques.

Certaines plantes offrent plusieurs types floraux, ne différant que par le degré de fréquence. Ainsi les fleurs normales de *Phlox* sont construites le plus souvent sur le type cinq, plus rarement sur les types six, quatre, ou sept. Les fleurs qui ont plus ou moins de cinq pétales sont dites *métatypiques*.

Dans les fleurs métatypiques, les divers cycles sont également affectés : calice, corolle, androcée restent isomères. Nous excluons de cette catégorie le *Linaria vulgaris*, attendu que l'isomérie, sans être bannie des fleurs pléiomères, n'y est pas habituelle. La numération des pièces appartenant aux autres verticilles n'a pas été aussi complète que celle des pétales. Nous avons constaté néanmoins que l'androcée ne suit pas régulièrement la même progression que la corolle. A côté d'une fleur à sept étamines (9), d'une pélorie hexamère dans les trois premiers verticilles (20), nous comptons

cinq étamines dans une fleur à neuf éperons (3) et souvent moins d'étamines qu'à l'état normal sous une corolle pléiomère. Le nombre des sépales est tantôt égal à celui des pétales, tantôt supérieur, tantôt inférieur.

La métatypie écartée, la pléiomérie ne peut s'expliquer que de deux manières : partition des pièces normales ou addition des pièces étrangères à la fleur simple.

Un seul argument est susceptible d'être exploité en faveur de l'hypothèse de la partition. Nous avons, d'une part, des éperons simples dont le nombre s'élève jusqu'à huit, d'autre part des éperons une ou deux fois bifurqués, séparés seulement à l'extrême pointe ou plus profondément jusqu'au voisinage de l'insertion. Si ces pièces dichotomes représentent divers degrés d'une bipartition aboutissant à l'isolement d'éperons supplémentaires, leur présence implique un excès de matériel formatif et une dilatation de la corolle à leur niveau. Nous avons observé l'inverse (10, 24).

La fleur 10 a deux éperons simples, un éperon bifurqué et un quatrième éperon voisin du précédent, qui, après une première bifurcation, présente une nouvelle dichotomie de l'une des deux branches. Dans l'hypothèse de la partition, la corolle serait trop pauvre pour fournir le cinquième pétale qui ne manque à aucune autre fleur de la récolte et pourtant assez riche pour subvenir à la division de deux éperons et à la subdivision de l'un d'eux. Ce paradoxe disparaît dans l'hypothèse inverse de la confluence de plusieurs éperons par suite d'un rétrécissement de la corolle. La persistance de six sépales, dont deux rejetés sur un plan inférieur, parle dans le même sens.

La fleur 24 possède, outre deux éperons simples, un éperon terminé par deux pointes égales. Les lobules labiaux correspondant à chaque sommet de cet éperon sont séparés par une languette dressée, appartenant à un pétale intercalé entre les deux moitiés de l'éperon bifide. Ces deux moitiés représentent deux pétales distincts entre eux, comme ils le sont d'un même troisième qui les sépare. L'éperon bifurqué résulte de la cohérence incomplète de deux unités, non de la bipartition d'une seule.

La bifurcation d'un éperon en moitiés égales, susceptible d'être interprétée *a priori* en faveur aussi bien d'une dispersion que d'une convergence, s'explique mieux, en fait, par une réduction que par une progression numérique.

Un argument décisif est fourni par des vestiges fonctionnellement superflus, petits pétales détachés du tube (5, 12) ou même rejetés hors de la corolle (1, 2, 21).

Nous n'avons aucune preuve de partition pouvant fournir des nombres de pétales supérieurs à cinq. Par contre, il est certain que des nombres oscillant entre dix et cinq proviennent d'une diminution par atrophie, réunion ou élimination de rudiments préexistants. Donc les nombres intermédiaires dérivent du maximum dix, non du minimum cinq. Le point de départ de nos anomalies n'est pas la fleur typique, mais une fleur décamère que l'on pourrait taxer de diplotypique.

La fleur normale des Linaires étant fixée au type cinq, une fleur virtuellement décamère ne peut exister qu'en vertu de la combinaison de deux bourgeons apportant chacun les matériaux d'une fleur typique. Nous sommes ainsi conduits à considérer la gamogemmie comme la cause prochaine de nos anomalies.

La fusion des bourgeons résulte de la section de la tige et des branches, parce que les rejets, les branches, les rameaux, émis en grand nombre, portent des grappes dont l'axe s'allonge peu, si bien que les bourgeons supérieurs se confondent en donnant une fleur d'apparence terminale, à floraison accélérée.

Les modifications morphologiques vont de la synanthie à l'unification complète des deux fleurs composantes. Dans la synanthie les deux corolles sont distinctes, parfois séparées par deux fissures (3, 6), dont l'une persiste plus longtemps (1, 4, 5, 8, 9, 12, 13, 23, 24, 30, 40, 48, 49). La place des fissures oblitérées reste marquée par un ou deux pétales exclus du tube (1, 2, 21). La symétrie, troublée dans quinze fleurs, se rétablit, soit sur le type zygomorphe, soit sur le type actinomorphe de la pélorie, sans éperon (20), à sept (11), à six (15, 16, 18, 19), à cinq éperons (33-38).

Les mêmes changements numériques et morphologiques caractérisent la fleur supérieure des grappes raccourcies d'une race demi-naine d'*Antirrhinum majus*. La gamogemmie, transmissible par graine dans ce dernier cas, fait son apparition sous l'influence de la taille chez la Linaire.

## ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un délégué à la *Commission de contrôle de la Circulation monétaire*, en remplacement de M. *Armand Gautier*, Membre sortant.

M. Armand Gautier réunit l'unanimité des suffrages.

## CORRESPONDANCE.

M. H. Mansuy adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

M. Jules Welsch adresse un Rapport complémentaire et un résumé sur les résultats des travaux entrepris avec l'aide d'une subvention sur le *Fonds Bonaparte*, qui lui a été accordée en 1913.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Des conférences faites par M. Fleurent, Professeur au Conservatoire des Arts et Métiers et publiées sous le titre : *La guerre. Un effort à faire. Les industries chimiques en France et en Allemagne. Aperçu général sur les causes de leur développement comparatif* et *Considérations sur leur développement particulier.* (Présenté par M. Th. Schlœsing fils.)

NOMOGRAPHIE. — *Anamorphose graphique d'une surface topographique.* Note [1] de M. Rodolphe Soreau, présentée par M. Ch. Lallemand.

Soit une surface topographique (S) représentant un phénomène $F(x,y,z)=0$ à deux paramètres $x$, $y$ par des courbes de niveau $F(x,y,c)=0$, la fonction F étant connue ou non. Je me propose de l'anamorphoser en un abaque cartésien, exactement ou de façon approchée. Dès lors, le phénomène pourra être mis en équation sous l'une des formes

$$(A) \qquad f(x)+g(y)+h(z)=0,$$
$$(B) \qquad f(x)\,l(z)+g(y)+h(z)=0.$$

La méthode est basée sur cette propriété, qui résulte d'une de mes précédentes Notes [2] : la tangente en un point $x_n$, $y_p$, $z_{np}$ d'une isoplèthe

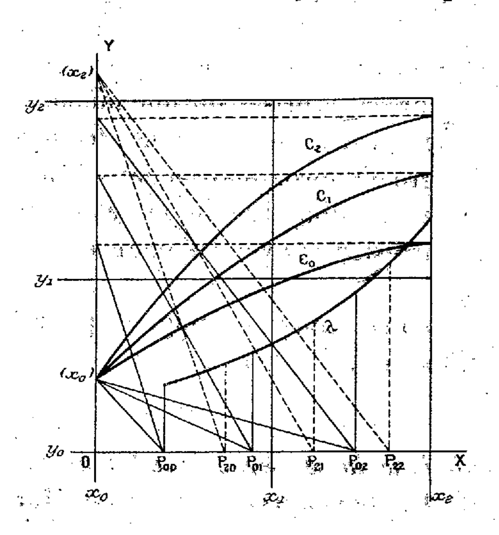
---

[1] Séance du 9 octobre 1916.

[2] *Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 1065.

de (S) a pour pente $\gamma_{np} = -\frac{f'(x_n)}{g'(y_p)} l(z_{np})$. Appelons *coupe* $y_p$ les intersections de (S) par la droite $y = y_p$ : 1° quand (S) est réductible à (A), la coupe $y_p$ donne $\gamma_{np} = \mathrm{K}f'(x_n)$; si donc, par un pôle P pris sur OX, on mène les parallèles aux tangentes, on obtient sur OY l'échelle $\mathrm{Y} = f'(x)$, d'où la courbe $\mathrm{C}_p$ figurative de $f'(x)$; 2° quand (S) est réductible à (B), la coupe $y_p$ donne $\gamma_{np} = \mathrm{K}f'(x_n) l(z_{np})$; si l'on connaissait $l(z)$, la même construction serait applicable en prenant une série de pôles $\mathrm{P}_{np}$ à des distances de O inversement proportionnelles à $l(z_{np})$.

*Épure d'essai.* — Traçons sur (S) six droites $x = x_0$, $x_1$, $x_2$ et $y = y_0$, $y_1$, $y_2$. Déterminons, pour les trois coupes $y_p$, les ordonnées d'abscisses $x_n$ des trois courbes $\mathrm{C}_p$, avec pôle unique $\mathrm{P}_p$ pour chaque coupe. Si les trois




séries d'ordonnées sont proportionnelles, on peut, en les réduisant, superposer les trois courbes : l'anamorphose (A) est alors réalisable. Si l'on a une quasi-proportionnalité en rapprochant au besoin les limites $y_0$, $y_2$ du domaine d'application, cette anamorphose ne sera qu'approchée.

A défaut, essayons (B). Plaçons les pôles $\mathrm{P}_{00}$, $\mathrm{P}_{01}$, $\mathrm{P}_{02}$ de façon à faire coïncider les points des trois courbes $\mathrm{C}_p$ situés sur $x_0$, ce qui est facile par construction inverse; puis cherchons à placer les pôles $\mathrm{P}_{20}$, $\mathrm{P}_{21}$, $\mathrm{P}_{22}$. En $\mathrm{P}_{00}$, $\mathrm{P}_{01}$, $\mathrm{P}_{02}$ élevons à OX des perpendiculaires proportionnelles aux cotes $z_{00}$, $z_{01}$, $z_{02}$ et joignons les extrémités par une courbe $\lambda$; inversement, prenons sur $\lambda$ les points d'ordonnées proportionnelles à $z_{20}$, $z_{21}$, $z_{22}$ et projetons-les sur OX : les pôles $\mathrm{P}_{20}$, $\mathrm{P}_{21}$, $\mathrm{P}_{22}$ ainsi déterminés conviennent si les paral-

lèles menées par ces pôles aux tangentes correspondantes se coupent en un point $(x_2)$ de OY. Il est alors à présumer que l'anamorphose (B) est possible; pour le confirmer, déterminons de même $P_{10}$, $P_{11}$, $P_{12}$, et voyons si l'on obtient un point $(x_1)$ sur OY. Lorsque, au lieu de deux points $(x_2)$, $(x_1)$ sur OY, on a des triangles à faible distance de OY, on peut réaliser l'anamorphose approchée (B).

*Épure définitive.* — On achève la construction de la courbe médiane $C_1$, avec pôle unique pour l'anamorphose (A), et, pour l'anamorphose (B), avec une série de pôles que fournit la courbe λ. Puis on construit l'intégrale graphique de $C_1$; sa projection sur OY donne l'échelle $Y = f(x)$. On obtient de même $X = g(y)$.

Pour juger du degré d'approximation obtenu, il sera bon de transformer l'abaque anamorphosé en un abaque à points alignés, en portant ces échelles sur deux parallèles; on trace des séries d'alignements correspondant chacune à des valeurs $x$, $y$ prises sur une même isoplèthe. Dans le cas d'anamorphose approchée, les intersections forment des taches dont l'étendue indique le degré d'approximation dans les diverses régions.

On peut chercher l'expression algébrique des fonctions $f$, $g$, $h$, $l$; on opérera sur l'abaque cartésien et avec les courbes $f'$ et $g'$, de préférence aux courbes $f$ et $g$.

Rappelons que le colonel Lafay a imaginé, pour le même objet, une construction toute différente.

CHIMIE. — *Action chimique du peroxyde de sodium sur les oxydes de carbone.* Note [1] de MM. C. **Zenghelis** et **Stavros Horsch**, présentée par M. Georges Lemoine.

Des recherches sur l'action des différents gaz sur le peroxyde de sodium ont été faites, il y a très longtemps [2]. Nous avons répété en partie ces expériences et nous avons trouvé l'action, en général, beaucoup plus vive qu'on ne l'avait constatée autrefois.

*Action des oxydes de carbone sur le peroxyde de sodium seul.* — Avec l'oxyde

---

[1] Séance du 9 octobre 1916.

[2] Gay-Lussac et Thénard, *Action de* $CO^2$ *et* $SO^2$ (*Gmelin-Kraut Handb. der anorg. Chem.*, t. II, 1, p. 294). — Harcourt, *Action de* CO, $CO^2$, $N^2O$ *et* NO (*Jahresber. der Chem.*, 1861, p. 169).

de carbone l'attaque est assez vive : la température s'élève un peu et il se forme du carbonate. L'anhydride carbonique agit avec une plus grande intensité, la température s'élevant considérablement. D'après Harcourt, on a

$$Na^2O^2 + CO = Na^2CO^3,$$
$$Na^2O^2 + CO^2 = Na^2CO^3 + O.$$

Les produits finals sont en effet ceux-ci. Dans le cas de l'anhydride carbonique, il se dégage de l'oxygène libre *activé*, qui brûle vivement des substances facilement oxydables et mêlées avec le peroxyde, telles que le fer, l'aluminium, le magnésium, le charbon, différentes substances organiques, etc.

L'effet thermique avec l'anhydride carbonique étant inférieur à celui de l'oxyde de carbone, on pouvait s'attendre à une réaction moins vive, tandis que c'est le contraire qui arrive.

$$Na^2O^2 + CO = Na^2CO^3 \quad + 123330^{cal},$$
$$Na^2O^2 + CO^2 = Na^2CO^3 + O + 55225^{cal}.$$

Nous regardons comme très probable que la réaction, dans le second cas, s'accomplit en deux phases simultanées. Dans la première phase deux molécules $CO^2$ s'ajoutent à une molécule $Na^2O^2$ pour former le percarbonate $Na^2C^2O^6$, qui se décompose à son tour dans la seconde phase comme il suit :

$$Na^2C^2O^6 = Na^2CO^3 + CO^2 + O.$$

L'effet thermique reste naturellement le même, mais, vu la formation intermédiaire d'un corps endothermique, tel que le percarbonate de soude, qui se décompose aussitôt formé, la réaction s'accomplit plus vite, la température devient plus élevée et la réaction plus vive. Cette conception se trouve en concordance : 1° avec la loi, presque générale, d'après laquelle, dans de pareils cas, la réaction s'accomplit par des réactions intermédiaires donnant lieu à la formation de combinaisons moins stables et 2° avec les travaux de Wolfenstein et Pechtner (¹) qui en faisant passer un courant d'anhydride carbonique sur un mélange de peroxyde de sodium et de glace correspondant à l'hydrate ($Na^2O^2, 8H^2O$) ont préparé des percarbonates de sodium.

La réaction est analogue à la combustion de l'hydrogène dont le premier

(¹) *Berichte der d. chem. Ges.*, t. 41, 1908, p. 280-297.

produit est l'eau oxygénée, combinaison peu stable, type auquel appartiennent aussi les percarbonates.

*Action de l'anhydride carbonique sur les mélanges de peroxyde de sodium et de substances facilement oxydables.* — Le peroxyde de sodium est un corps très stable ne dégageant pas d'oxygène, même à des températures très élevées. Cela n'arrive pas s'il est mélangé avec des corps oxydables. Rosel et Franc [1] ont étudié le mélange de peroxyde et d'aluminium, qui brûle très vivement, même si on l'attaque avec quelques gouttes d'eau. Dugnès [2] a expérimenté sur des mélanges de peroxyde avec du coton, du bois, du soufre, du thiosulfate, etc. Bainberger, sur un mélange de charbon et de peroxyde qui prend feu à 300°-400° [3].

En dirigeant un courant d'anhydride carbonique sur ces mélanges, la réaction se fait aussitôt avec une extrême violence qui finit quelquefois par une explosion. D'une part, l'action de l'anhydride carbonique élève la température du mélange jusqu'à celle de la combustion du corps mélangé, tandis que d'autre part chaque molécule $CO^2$ rend libre une molécule d'oxygène *activé*. Ainsi la réaction s'accomplit spontanément.

En substituant le magnésium à l'aluminium l'explosion devient très forte. Le fer brûle aussi dans les mêmes conditions, sans donner lieu à une explosion. Le produit fond et la réaction continue très vive lorsqu'on ajoute peu à peu du fer en poudre qui se transforme finalement en $Na^2FeO^4$.

Un mélange de peroxyde et de zinc ne se met pas en réaction par l'anhydride carbonique, mais il brûle néanmoins assez vivement s'il est chauffé fortement. Le cuivre en poudre très fine se comporte de la même façon, mais la réaction est plus faible.

Ces réactions s'accomplissent avec la même vivacité au contact de l'air ou dans un tube à combustion ou en verre où l'air est remplacé par l'azote, mais dans ce dernier cas le tube se brise et la réaction devient dangereuse.

CHIMIE MINÉRALE. — *Action du soufre sur la baryte en présence de l'eau.* Note de M. L. **Guitteau**, présentée par M. A. Haller.

Parmi les persulfures de baryum, le tétrasulfure a été obtenu jusqu'ici soit en faisant bouillir du soufre avec une solution de monosulfure et sou-

---

(1) *Berichte der d. chem. Ges.*, t. 27, 1894, p. 55.
(2) *Chem. Zeitung*, t. 22, 1898.
(3) *Berichte der d. chem. Ges.*, t. 31, 1898, p. 451.

mettant ensuite à l'évaporation ([1]), soit en dissolvant à chaud de la fleur de soufre dans une liqueur saturée de sulfhydrate de sulfure ([2]). La solution de monosulfure de baryum saturée de soufre à l'ébullition, et qui ne laisse déposer par cristallisation que du tétrasulfure hydraté mélangé de soufre, présente, en outre, cette particularité de contenir exactement $5^{at}$ de soufre pour $1^{at}$ de baryum, ce qui correspondrait à un pentasulfure, signalé par Berzélius dans son *Traité de Chimie*, mais qui n'a pu être isolé.

J'ai recherché si, par action du soufre, non plus sur un sulfure de baryum déjà formé, mais sur la baryte elle-même, en présence de l'eau, il ne serait pas possible d'obtenir des combinaisons analogues, et voici les résultats auxquels je suis arrivé :

Si l'on porte à l'ébullition un mélange de 2 parties de baryte hydratée, de 1 partie de soufre et de 25 parties d'eau, on obtient une liqueur possédant à chaud une teinte d'un brun foncé, presque noir. Cette coloration s'atténue par le refroidissement et devient, à la température ordinaire, d'un beau rouge orangé.

La solution, abandonnée à elle-même, se décompose lentement en laissant cristalliser de fines aiguilles d'hyposulfite de baryum hydraté, et en se recouvrant, à la surface, d'une croûte constituée par un mélange de soufre et d'hyposulfite de baryum. Il se dégage en même temps de l'hydrogène sulfuré.

Mais, si l'on évapore plus rapidement à chaud, jusqu'à formation d'une croûte continue à reflets verdâtres ou violacés (c'est-à-dire jusqu'à forte concentration de la liqueur), on trouve sous cette croûte, après refroidissement et repos, de volumineux prismes rouges de tétrasulfure de baryum, répondant à la composition $BaS^4, H^2O$, mélangés de soufre et d'hyposulfite.

Enfin, la solution orangée qui permet d'obtenir ainsi le tétrasulfure de baryum renferme, avec beaucoup de constance, une proportion de baryum et de soufre correspondant à 1 atome du premier pour 5 atomes du second.

Le persulfure $BaS^5$ qui paraît, de la sorte, exister en solution, est instable, et c'est sa décomposition exprimée, selon toute vraisemblance, par l'équation

$$2BaS^5 + 3H^2O = BaS^4 + S^2O^3Ba + 3H^2S + S$$

qui fournit les composés que j'ai obtenus dans mes essais.

---

([1]) SCHŒNE, *An. Ph. Ch. Pogg.*, t. 112, 1861, p. 193.

([2]) VELEY, *J. chem. Soc.*, t. 49, 1886, p. 369.

MINÉRALOGIE. — *Sur les liquides cristallins obtenus par évaporation d'une solution.* Note de M. **Paul Gaubert.**

Les solutions sursaturées laissent parfois déposer la substance dissoute sous une ou plusieurs formes instables à la température à laquelle se fait le dépôt. Quelquefois même c'est à l'état liquide (soufre) que le corps se sépare. Dans cette Note je vais examiner quelques cas dans lesquels c'est sous la forme de cristaux liquides que se dépose la substance en dissolution.

*Anisal-p-amidoazotoluol.* — Les cristaux liquides obtenus par fusion sont optiquement positifs, par conséquent dépourvus de pouvoir rotatoire et sans teintes épipoliques. Par évaporation sur une lame de verre d'une solution de ce corps dans l'éther, la benzine, le toluol, le chlorure de méthylène, le chloroforme, le sulfure de carbone, etc., il se produit une phase liquide biréfringente dont la couleur est verte par réflexion. Un examen approfondi des propriétés du liquide montre que la couleur verte est d'abord due à l'existence de cristaux liquides, très instables, optiquement négatifs, et ensuite au mélange de la couleur bleue réfléchie par les petits sphérolites de la phase optiquement positive et la couleur jaune rougeâtre de la substance. Peu à peu la couleur verte disparaît par suite de la transformation des sphérolites dont les particules s'orientent de manière que l'axe optique soit perpendiculaire à la lame de verre.

Le liquide biréfringent ainsi obtenu ne persiste que quelques minutes; il se solidifie en donnant naissance à deux formes instables différentes de celle produite par le liquide anisotrope obtenu par fusion et qui est stable (forme $\alpha$). On observe en effet :

1° Des sphérolites, dont les fibres très transparentes, peu biréfringentes à allongement optique négatif, montrent une teinte verdâtre par réflexion (forme $\beta$);

2° Des sphérolites dont la vitesse d'accroissement est plus faible que celle des précédents; aussi sont-ils beaucoup plus petits. Ils sont presque opaques à cause de leur fibrosité (forme $\gamma$).

La deuxième forme, plus stable que la première, peut persister plusieurs jours à la température ordinaire, mais à 65° il ne se produit que la forme stable $\alpha$.

*Anisalaminocinnamate d'éthyle.* — Par évaporation d'une solution dans le chlorure de méthylène, les deux phases liquides cristallines connues

peuvent se produire sur une lame de verre. Le résultat est meilleur en opérant à 50° avec le chlorure d'acétylène. La phase s'orientant perpendiculairement à la lame de verre donne de belles images en lumière convergente.

*p-azoxyanisol.* — La phase liquide biréfringente ne s'obtient facilement qu'avec de petites gouttes et ne persiste que quelques secondes à la température ordinaire. Elle passe à une forme solide très instable qui donne la forme stable au bout de peu de temps.

*Éthers-sels de la cholestérine* (1). — Le caprinate est le seul qui m'ait donné à la température ordinaire la forme liquide biréfringente à cristaux optiquement négatifs par évaporation d'une solution. Ce qui est à remarquer, c'est que les cristaux liquides optiquement positifs ne se produisent pas par transformation de la phase négative.

Les mélanges de caprinate et de propionate donnent très facilement des cristaux négatifs pouvant persister plusieurs heures à la température ordinaire. L'addition d'une petite quantité d'anisal-*p*-amidoazotoluol ($\frac{1}{20}$ par exemple) augmente beaucoup la stabilité de la phase biréfringente de ces mélanges; aussi peut-on la conserver parfois plusieurs jours.

*Cyanbenzalalamocinnamate d'amyle actif.* — Ce corps fournit des résultats intéressants. La phase liquide biréfringente, dont les cristaux sont optiquement négatifs, s'obtient avec la plus grande facilité sur une lame de verre et avec les solvants déjà indiqués. Les cristaux liquides, bien que ne persistant pas plus d'une minute et même beaucoup moins, s'orientent de manière que leur axe optique soit perpendiculaire à la lame. En général, c'est la teinte épipolique rouge qui apparaît la première, contrairement à ce qui a lieu pour les liquides obtenus par fusion. Le liquide anisotrope en se solidifiant donne deux formes cristallines instables; on observe sur la lame de verre :

1° De grands sphérolites incolores à larges fibres dont l'allongement optique est négatif (forme β);

2° Des sphérolites de couleur jaune beaucoup plus petits que les précédents, moins biréfringents et avec une vitesse d'accroissement beaucoup

---

(1) F.-M. Jæger a obtenu le valérianate de cholestérine à l'état de liquide cristallin en ajoutant de l'acétone à une solution saturée à froid de ce corps dans l'acide acétique (*Akad. d. Wiss.*, Amsterdam, 1907, p. 489).

plus faible. Leurs fibres radiales sont très fines et à allongement optique positif (forme $\gamma$).

Les sphérolites de la première forme persistent quelques heures, ceux de la seconde passent habituellement à la forme stable $\alpha$ au bout d'une heure environ. L'action de la chaleur provoque la transformation immédiate des deux modifications.

Les propriétés optiques des sphérolites de la forme $\gamma$ sont très intéressantes. L'addition d'une petite quantité de vert de méthyle ou de vert malachite les met bien en évidence. Il faut employer le chloroforme comme solvant. Examinés au microscope et en lumière naturelle, ces sphérolites, qui ont la forme d'une lentille plus ou moins aplatie, montrent au centre une tache grise enveloppée d'une zone plus claire entourée elle-même par la partie périphérique plus foncée. Observés avec le nicol inférieur dont la section principale est dans la direction NS, les secteurs NE et SO sont plus colorés que les deux autres. Si le nicol est placé au-dessus avec la même orientation, ce sont les deux autres secteurs qui sont les plus colorés comme si le nicol avait tourné de 90°. Par conséquent, avec les deux nicols croisés, l'absorption de la lumière ne se fait que sur deux quadrants opposés. Si les sphérolites sont minces ou peu colorés, on observe en outre la croix noire dont les bras coïncident avec les sections principales des nicols; mais si les sphérolites sont épais ou plus colorés, les deux bras ne sont pas à angle droit, mais forment un angle aigu dans les secteurs absorbant la lumière. Pour qu'ils fassent un angle droit, il faut tourner l'un des nicols. Parfois la croix n'est pas visible à cause de la forte absorption de la lumière produite dans les deux secteurs par suite du polychroïsme. Ces sphérolites possèdent donc les propriétés des gouttes anisotropes de O. Lehmann (première position principale), propriétés dues à l'arrangement hélicoïdal des particules cristallines; du reste une plage contenant un grand nombre de ces sphérolites dont les dimensions ne dépassent pas $\frac{1}{200}$ de millimètre de diamètre constitue un polariseur circulaire.

Ce mode de production des cristaux liquides par évaporation d'une solution permet de mesurer leurs indices à la température ordinaire. Il suffit de faire l'évaporation sur la face plane de la lentille demi-boule d'un réflectomètre.

MINÉRALOGIE. — *L'orientation des liquides anisotropes sur les cristaux.* Note de M. F. GRANDJEAN, transmise par M. L. De Launay.

L'orientation des liquides anisotropes sur leur phase solide cristallisée a été signalée par tous les observateurs; mais on la considérait comme une relation entre arrangements différents de molécules identiques. On considérait même le plus souvent les deux orientations comme parallèles, la « direction des molécules ne changeant pas malgré la fusion », sans bien

préciser en quoi consistait ce parallélisme entre un corps biaxe (le solide) et un corps uniaxe (le liquide).

Il semble que l'orientation du liquide anisotrope sur sa phase solide soit un cas particulier d'un phénomène plus général s'appliquant à tous les cristaux.

M. Mauguin a fait connaître (*Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 1246) un premier exemple d'orientation, celle que donne la muscovite.

J'ai essayé un grand nombre d'autres minéraux et cinq liquides anisotropes : l'azoxyphénétol, l'azoxyanisol, l'anisaldazine, les azoxybenzoate et cinnamate d'éthyle. Des gouttes de ces liquides déposées sur les clivages ont donné des plages d'orientation absolument déterminée. Par exemple, l'*orpiment* sur le clivage $g^1$ (010) oriente les cinq liquides parallèlement à ses sections principales; la *blende* sur le clivage $b^1$ (011) parallèlement aux diagonales de la face rhombique du dodécaèdre; le *sel gemme* et la *sylvine* sur le clivage $p$ (001) parallèlement aux diagonales de la face du cube et à des directions supplémentaires pour l'anisaldazine et l'azoxycinnamate. Les minéraux hexagonaux ou pseudohexagonaux, comme la *brucite*, la *leadhillite*, la *phlogopite*, le *talc*, donnent pour chaque liquide trois orientations à 60° les unes des autres, etc.

Dans une fente de clivage pour laquelle les deux parois ont rigoureusement conservé leurs positions relatives, on obtient deux types de plages :

1° Des plages à structure parallèle, c'est-à-dire dont l'axe optique a une orientation unique. Ces plages sont toujours orientées comme celles qui reposent sur le clivage par un seul contact.

2° Des plages à structure hélicoïdale dont les sections principales inférieure et supérieure ont des orientations de plages à structure parallèle. Dans la plupart des cas on trouve toutes les structures hélicoïdales compatibles avec cette condition, tordues à droite ou à gauche.

L'orientation n'est bonne que si le clivage est parfait et la surface rigoureusement propre et plane. C'est un phénomène général, par cela même très différent de l'orientation d'un cristal sur un autre. Il n'en a pas le caractère exceptionnel, exigeant certains rapports numériques et géométriques entre les réseaux.

Les liquides anisotropes du groupe de l'azoxyphénétol (azoxyanisol, anisaldazine, etc.) paraissent s'orienter toujours, quand le clivage est parfait. Ceux à coniques focales (azoxybenzoate et cinnamate d'éthyle, etc.) s'orientent moins facilement, mais le font cependant dans le plus grand nombre de cas.

BOTANIQUE. — *Sur les variations biologiques d'une Laminaire* (Saccorhiza bulbosa). Note de M. C. SAUVAGEAU, présentée par le Prince Bonaparte.

Nos connaissances sur la biologie des Algues marines habitant la limite des basses eaux progressent fragmentairement à cause des difficultés matérielles de leur étude. D'autres difficultés surgissent quand une espèce ne se comporte pas identiquement partout, ce qui arrive pour le *Saccorhiza bulbosa*.

En 1896, Phillips affirma l'annualité du *S. bulbosa* après deux excursions faites à Anglesey (mer d'Irlande) en mars et octobre 1895. Jusque-là, sans doute à cause de sa grande taille et parce que d'autres Laminaires océaniques vivent plusieurs années, on admettait qu'il est vivace. Or le phénomène est plus net à Guéthary (Basses-Pyrénées) qu'à Anglesey; je l'y ai suivi en 1914, 1915, 1916 et s'il était aussi indiscutable sur les côtes de la Manche, si fréquemment étudiées par les algologues, on l'eût, de toute évidence, remarqué plus tôt.

Le *S. bulbosa* y atteint sa taille maximum en juillet et août; puis diminue graduellement, car son allongement ne compense plus l'usure des sommités ou cesse complètement; la fructification apparaît en août, mais elle est encore rare. En octobre, beaucoup d'individus sont fructifiés sur le stipe et sur la lame, déversant un nombre prodigieux de zoospores; toutes les lanières de la lame sont écourtées et largement tronquées, aussi bien sur les grands individus que sur ceux de développement imparfait, fertiles ou stériles; le phénomène semble dépendre de la saison et non de l'état de la plante. D'autre part, la très abondante Patelle, *Helcion pellucidum*, ronge la plante, endommage souvent la base du stipe et les vagues arrachent la partie dressée [1]; les stipes épargnés par l'*Helcion* se dégradent progressivement et, vers la fin de l'automne, la plante, qu'elle ait fructifié ou non, est réduite à son bulbe qui, jusqu'alors, était stérile.

En février et au début de mars, les bulbes sont souvent fructifiés; ceux qui ont résisté à la destruction sont plus ou moins endommagés; ils pourrissent progressivement pour disparaître complètement en avril.

Les premières plantules apparaissent dans la seconde quinzaine de février; les autres en mars et en avril; toutes s'accroissent rapidement; puis on n'en trouve plus avant l'année suivante. Le *S. bulbosa* acquiert donc tout son développement en quelques mois. D'ailleurs, la flore algologique de la saison froide est pauvre; les *Ulva Lactuca*, *Dictyota dichotoma*, *Dictyopteris polypodioides*, pour citer seulement certaines espèces qui accompagnent le *S. bulbosa*, réapparaissent en même temps. Cette périodicité est aussi nette que celle des plantes terrestres concordant, par exemple, dans le

(1) C. SAUVAGEAU, *Sur le développement et la biologie d'une Laminaire* (Saccorhiza bulbosa) (*Comptes rendus*, t. 160, 1915, p. 445).

Nord, avec l'élévation de température ou, sous les tropiques, avec la saison pluvieuse.

Les plantules se rencontrent donc pendant trois mois seulement, bien que l'émission des zoospores dure plus de sept mois consécutifs. Or celles d'avril proviennent de zoospores récemment émises par les bulbes, et non de prothalles âgés ou d'embryospores dormantes, car on les trouve fréquemment fixées sur les haptères de jeunes individus nés à la fin de l'hiver; l'origine des plantules de février et de mars est vraisemblablement la même. Par suite, les sores des bulbes suffisent à reproduire la plante et, puisque des sores récoltés soit en octobre (sur la lame ou sur le stipe), soit à la fin de l'hiver, m'ont fourni des prothalles et des plantules identiques, c'est qu'une cause n'agissant pas sur les cultures empêche les zoospores de germer, dans la nature, du milieu de l'été jusqu'au début de l'hiver, ou, peut-être mieux, détruit les prothalles et les plantules. Les facteurs habituellement invoqués dans l'interprétation des phénomènes phénologiques, chaleur, lumière, humidité, semblent ici hors de cause. L'énorme quantité de zoospores émises par un *Saccorhiza* suggère d'ailleurs l'idée que l'espèce est soumise à de puissants agents de destruction. Si les intempéries peuvent anéantir un nombre considérable de jeunes individus lors des marées d'équinoxe, comme je m'en suis rendu compte le 12 mars 1914, par un soleil trop vif pour la saison, et le 5 mars 1916 en herborisant sous la neige, néanmoins, l'extermination n'est pas totale et les marées moins amples de novembre à février seraient sans effet sur de jeunes *Saccorhiza*. Plusieurs minuscules Gastropodes, probablement les mêmes Rissoïdés qu'abritent les touffes d'*Halopteris scoparia* (1), pullulent à Guéthary, rongent et détruisent les plantules de préférence à celles des autres algues brunes; toutefois, malgré l'importance de leurs dégâts, il est invraisemblable qu'aucune d'elles ne leur échappe à certaines époques de l'année. Cette cause inconnue est peut-être celle qui détruit les *Himanthalia Lorea, Cystoseira concatenata, Sargassum vulgare* absents à Guéthary bien que les courants y apportent chaque année une quantité considérable d'œufs et d'embryons (2).

De germination facile et de croissance rapide, longtemps et abondamment fructifère, le *S. bulbosa* devrait cependant, sous un climat tempéré, constamment posséder des représentants de tout âge. Il en est probablement ainsi sur la côte nord de l'Espagne; car, en 1896 (3), j'ai vu à San Vicente de la Barquera et à Gijon en septembre, à Rivadeo en octobre et à La Corogne au début de novembre, un mélange d'individus à tous les états du développement. La flore algologique de cette région ressemblant plus à celle de Bretagne qu'à celle du golfe de Gascogne, j'ai recherché comment le *Saccorhiza* se comporte à Roscoff (Finistère), où j'ai séjourné en avril et

---

(1) C. SAUVAGEAU, *Remarques sur les Sphacélariacées*, Bordeaux, 1900-1914, p. 357.

(2) C. SAUVAGEAU, *Sur le* Cystoseira granulata *et la difficulté de naturalisation de quelques autres Algues dans le golfe de Gascogne* (*Comptes rendus de la Société de Biologie*, t. 67, 1909).

(3) C. SAUVAGEAU, *Note préliminaire sur les Algues marines du golfe de Gascogne* (*Journal de Botanique*, t. 11, 1897).

en septembre 1916; en outre, j'ai reçu du Laboratoire de copieux envois en octobre et novembre 1915, janvier, février et juin 1916 (¹).

Le *S. bulbosa* couvre à Roscoff une étendue infiniment plus grande qu'à Guéthary et devient énorme, car j'ai vu des stipes longs de $2^m$ et épais de $1^{cm}$, des lames de $3^m$ de rayon et un bulbe isolé de $50^{cm}$ de plus grand diamètre; les godrons prennent de vastes proportions et constituent le principal support de la fructification, bien que les bulbes se couvrent parfois de sores avant toute autre partie de la plante. Il n'est plus le seul représentant du groupe et les *Laminaria saccharina*, *flexicaulis*, *Cloustonii* y abondent aussi.

A la fin de septembre, on a l'impression très nette que le *S. bulbosa* disparaît. Le stipe devient plus mou, les lanières de la lame sont courtes et largement tronquées, des stipes sont même décapités, les mèches d'Ectocarpées envahissent le tout; les dégâts causés dans les champs de Laminaires par les marins soudiers, qui fauchent le goémon de fond, gênent parfois l'observation, mais je l'ai vu dans le même état sur les rochers que les soudiers n'atteignent pas. Il est tellement épais dans toutes ses parties que l'*Helcion* l'endommage relativement peu et les stipes coupés transversalement sont rares; la partie dressée disparaît donc par usure naturelle. D'ailleurs, si le *Saccorhiza* souffre à Roscoff de la *concurrence vitale* qui s'exerce entre les Laminaires pour l'occupation des rochers, il bénéficie d'une *protection réciproque* vis-à-vis de l'*Helcion*, qui dissémine son action nuisible sur les autres espèces dont il est aussi friand.

Cependant cette dégradation saisonnière semble atteindre seulement les individus âgés; on trouve, en effet, des individus jeunes et adultes de tout âge et en parfait état. Aux autres époques de l'année, la végétation du *Saccorhiza* est très variée; on rencontre constamment des individus fructifères et des plantules.

A Roscoff, comme à Guéthary, la plante acquiert sa taille maximum en 5 à 6 mois et accomplit en moins d'un an le cycle complet de son évolution; toutefois, l'observateur qui n'aurait pas constaté la disparition automnale d'un grand nombre d'individus manquerait de points de repère pour en évaluer la durée et, si le *Saccorhiza* présente le même phénomène sur les autres côtes de la Manche, on conçoit que les auteurs n'aient pas reconnu plus tôt son annualité.

---

(¹) J'adresse mes remercîments à l'Académie, qui m'a facilité ces déplacements en m'attribuant une subvention sur le Fonds Bonaparte, et à M. Yves Delage, directeur du Laboratoire, pour son bienveillant accueil.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la composition pigmentaire de l'hépatochlorophylle.* Note [1] de MM. **Ch. Dhéré** et **G. Vegezzi**, présentée par M. A. Dastre.

Nos recherches ont porté sur l'hépatochlorophylle de l'escargot (*Helix pomatia*). En admettant, avec Dastre et Floresco [2] et avec Mac Munn [3], que cette chlorophylle est d'importation alimentaire, d'origine végétale, on est amené à se demander si le foie de l'escargot ne fixe pas *tous* les pigments que renferment les feuilles vertes, pigments dont l'ensemble constitue la « chlorophylle brute » et qui appartiennent à deux catégories : les *chlorophyllines* ($\alpha$ et $\beta$) et les *carotinoïdes* (carotine et xanthophylle) [4]. Ces deux catégories de matières colorantes présentent, comme on le sait, des propriétés optiques bien différentes : en solution dans l'éther éthylique, par exemple, les chlorophyllines absorbent très fortement certaines radiations rouges et offrent une fluorescence rouge extrêmement intense; les carotinoïdes, au contraire, n'absorbent sélectivement que des radiations bleues et violettes et ne possèdent aucune fluorescence rouge.

*Préparation de la solution d'hépatochlorophylle.* — Les foies provenant de trois cents escargots, nourris de feuilles vertes, puis soumis à un jeûne absolu de 40 jours, furent broyés dans un mortier avec du sable et un peu de craie. La pulpe hépatique fut mise à digérer dans un mélange d'éther de pétrole et d'alcool éthylique, le tout étant fréquemment agité. Par le repos, il se forma deux couches liquides : une couche alcoolo-aqueuse, brun foncé, et, au-dessus, une couche éthérée contenant les pigments chlorophylliens. Cette dernière couche fut recueillie à part et lavée avec de l'eau, dans un entonnoir à séparation, jusqu'à élimination complète de l'alcool.

Pour isoler les divers pigments contenus dans la liqueur, on la fit passer sur une colonne de craie (*analyse chromatographique par adsorption* de Tsvett). On observa alors la formation de quatre zones; à savoir, de haut en bas : I, une zone *jaune;* II, une zone *verdâtre;* III, une zone *grisâtre* (la plus haute); IV, une zone *jaune*.

---

(1) Séance du 9 octobre 1916.

(2) *Comptes rendus*, t. 128, 1899, p. 398-400.

(3) *Proc. Roy. Soc. of London*, t. 64, 1899, p. 436-439; et *Philos. Trans. Roy. Soc. of London*, t. 193, 1900, p. 1-34.

(4) Nous adoptons, dans cette Note, la terminologie proposée par Tsvett.

Cette dernière zone disparut par entraînement quand, à la fin de l'opération, on lava la colonne avec de l'éther de pétrole, car il s'agit d'un pigment qui n'est pas sensiblement adsorbé et qui se comporte, à ce point de vue, comme la carotine.

Les zones II et III renfermaient les chlorophylles proprement dites, non pas d'ailleurs à l'état de chlorophyllines, mais à celui de *chlorophyllanes* (chlorophyllines modifiées par l'action des acides faibles) (1).

Décrivons les caractères optiques de chacun de ces pigments, dissous (après purification) dans l'éther éthylique, en commençant par les chlorophyllanes.

1° *Hépatochlorophyllane* α. — Ce pigment, de beaucoup le plus abondant, formait la zone III. La solution était d'un vert olivâtre; et, après dilution, elle montrait, à l'examen spectroscopique, même sous une épaisseur où elle semblait presque incolore, une bande bien nette située dans le rouge et ayant pour axe $\lambda\, 666^{\mu\mu}$. En augmentant l'épaisseur, on parvint à voir sept bandes dont la situation et l'intensité relative correspondaient à celles des bandes de la chlorophyllane α pure (préparée à partir de chlorophylle des feuilles traitée par l'acide oxalique).

2° *Hépatochlorophyllane* β. — Le pigment de la zone II fournit une liqueur d'un jaune verdâtre qui, placée dans un faisceau de rayons violets et ultraviolets, offrait, comme la solution d'hépatochlorophyllane α, une magnifique fluorescence rouge. Quant au spectre, il était bien différent : aucune absorption appréciable au voisinage de l'axe de la bande principale de la chlorophyllane α; par contre, deux fortes bandes d'absorption, l'une (dans le rouge) ayant pour axe $\lambda\, 654^{\mu\mu}$, l'autre (dans l'indigo) ayant pour axe $\lambda\, 434^{\mu\mu}$. A côté de ces deux bandes, absolument caractéristiques, on voyait, sous une épaisseur suffisante, cinq autres bandes coïncidant avec celles de la chlorophyllane β préparée directement à partir des feuilles.

3° *Hépatoxanthophylle*. — Si l'on veut obtenir ce pigment à l'état optiquement pur, il convient, après avoir traité la zone supérieure par l'alcool éthylique, d'ajouter à la solution un volume égal d'alcool méthylique saturé de potasse. Les chlorophyllanes contenues dans la liqueur sont transformées en dérivés solubles dans l'eau, faciles à éliminer par lavage, tandis qu'on extrait par l'éther la xanthophylle inaltérée (procédé de Willstätter et Mieg). Notre hépatoxanthophylle, ainsi purifiée, était dépourvue de toute fluorescence et de tout pouvoir d'absorption sélective

(1) Cette altération des chlorophyllines est produite par la bile, normalement *acide*.

pour les rayons rouges et orangés; elle montrait, dans le bleu, deux bandes ayant respectivement pour axes λ 476$^{\mu\mu}$ et λ 446$^{\mu\mu}$.

4° *Hépatocarotine*. — Ce pigment (zone IV), qui n'est pas adsorbé par la craie, fut obtenu d'emblée à l'état optiquement pur. Il ne possédait qu'une légère fluorescence verdâtre (¹) et offrait deux bandes d'absorption ayant respectivement pour axes λ 482$^{\mu\mu}$ et 452$^{\mu\mu}$ (²).

*Conclusions*. — Chez l'escargot, l'*hépatochlorophylle* (en désignant globalement par ce terme *tous* les pigments chlorophylliens qui se trouvent dans le foie) a, en somme, la même composition pigmentaire que la « chlorophylle brute » des feuilles vertes; elle est constituée par un mélange de chlorophyllines α et β modifiées (*chlorophyllanes* α et β) et de carotinoïdes (*carotine* et *xanthophylle*).

Nous avons pu isoler ces quatre pigments chlorophylliens à l'état de *pureté optique*.

La constatation de la *présence de la chlorophyllane* β nous semble particulièrement intéressante, car jusqu'à présent, on n'avait pas encore signalé l'existence *chez les animaux* de chlorophyllane β (ou de chlorophylline β).

En ce qui concerne *l'origine* de l'hépatochlorophylle, nos résultats conduisent évidemment à admettre qu'il s'agit là d'une *chlorophylle introduite* par la nourriture végétale; c'est-à-dire qu'ils corroborent entièrement la conclusion que, pour d'autres motifs, Dastre et Floresco, puis Mac Munn ont tirée de leurs recherches sur ce sujet.

ÉNERGÉTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Éducation sensitive et appareils de prothèse. Les résultats*. Note de M. **Jules Amar**, présentée par M. Laveran.

L'éducation de la sensibilité tactile doit accompagner, chez les amputés, la rééducation fonctionnelle des moignons, *avant toute application des appareils de prothèse*.

J'ai montré que ce but est atteint rapidement si l'on fait usage de la

(¹) Cf. Ch. Dhéré, *Détermination photographique des spectres de fluorescence des pigments chlorophylliens* (*Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 64).

(²) Pour plus de détails, consulter G. Vegezzi, *Thèse de doctorat ès sciences*, Fribourg (Suisse), 1916.

technique à la fois simple et rigoureuse, précédemment décrite (¹). Voici, maintenant, quelques-uns des résultats obtenus :

1° Sur la *platine esthésiographique*, la pointe d'ivoire est perçue très nettement, elle est parfaitement localisée par l'amputé. La perception est délicate au voisinage de la cicatrice du moignon, comme à la surface latérale interne (côté ventral). Sur les lambeaux, au contraire, elle est obtuse, et nécessite un contact prolongé à une pression assez élevée.

Au début de l'éducation sensitive, un moignon de bras ou d'avant-bras décèle la pointe quand elle émerge de $5^{mm}$ à $6^{mm}$ au moins, et en appuyant dessus avec une force de $400^{g}$ à $500^{g}$.

Au terme de l'éducation, la pointe sera sensible à toute *la surface* cutanée, l'émergence étant à peine de $0^{mm},5$, et la pression de $2^{cg}$ à $15^{cg}$. La durée du contact est de $\frac{1}{5}$ de seconde environ.

Ces valeurs expriment des *moyennes* obtenues à la suite d'un entraînement physiologique de 2 à 3 mois, et sur une cinquantaine d'amputés, dont un aveugle mutilé des deux bras.

Suivant le segment de membre considéré, les progrès sont plus ou moins rapides et l'acuité sensitive plus ou moins grande. En particulier, les moignons des doigts s'éduquent facilement : phalanges et phalangines acquièrent une sensibilité tactile égale aux deux tiers, parfois aux trois quarts de celle des phalangettes normales les plus sensibles. Il en est de même sur la paume de la main; la diminution n'étant bien accusée que dans la région de l'éminence thénar et sur le poignet.

Toutefois les conditions sont pleinement satisfaisantes pour l'exercice régulier du membre.

On peut estimer que l'éducation des moignons, même après un an d'inactivité, et si atrophiés soient-ils, leur donne assez de force et de sensibilité pour que le rendement des appareils de prothèse en bénéficie dans une très large mesure. Les doigts artificiels, par exemple, appliqués aux phalanges ou aux métacarpiens réalisent tous les mouvements avec une rare précision.

Nombreux déjà les mutilés qui m'ont prouvé la véracité de ces faits par l'exercice quotidien de leurs métiers : tels un ébéniste, un sculpteur, un typographe, un horloger, un tailleur, etc.

2° Le *bracelet à poids* porté, comme on l'a déjà dit, directement par le

(¹) *Comptes rendus*, t. 162, 1916, p. 843 et 888, et t. 163, 1916, p. 335.

moignon, ou par l'organe artificiel, permet de développer la sensibilité à la pression, et d'y réadapter l'amputé.

Tandis que, les premiers jours, une charge de 200$^{g}$, placée dans le plateau puis enlevée, ne produit aucun effet sensible sur le bout d'un moignon d'avant-bras, on constate, 40 à 50 jours plus tard, qu'un poids de 5$^{g}$ est distinctement perçu, et qu'un poids de 10$^{g}$ fait une impression « environ deux fois plus forte que la précédente ».

Le patient indique, sans erreur, la position du bracelet et le point où la charge le fait agir, à tous les degrés de pronation et de supination du moignon.

Il est aisé de vérifier que la *loi psychophysique*, encore obscure, qui régit les rapports de la sensation de pression avec la valeur en grammes de celle-ci, est autant satisfaite pour le moignon que pour le membre sain, que pour un membre artificiel parfaitement adapté à une sensibilité éduquée.

L'éducation sensitive, venant compléter la rééducation fonctionnelle des moignons, il est clair que tous les amputés en profiteront, mais que ceux-là en seront spécialement favorisés qui auront de bons appareils de prothèse, et surtout l'*intelligence des mouvements*.

Je terminerai en exposant le cas d'un aveugle (énucléation des deux yeux), amputé du bras gauche et de l'avant-bras droit (moignons de 12$^{cm}$ et 13$^{cm}$). F. S... est marchand de primeurs aux Halles; il est âgé de 41 ans, marié et père de deux enfants; sa dépression morale faisait peine à voir.

Ayant accepté, non sans scepticisme, de se prêter à l'éducation de ses moignons, il ne fut pas long à reconnaître « qu'elle a réellement du bon, qu'on se *sent* davantage ». Tous les signes d'hypoesthésie, de dégénération, ainsi que le *rejet latéral*, apparents à l'origine, cessèrent bientôt. Le phénomène de Weir-Mitchell est, aujourd'hui, à ce point atténué que le patient perçoit sa *main droite*, mais guère sa main gauche, toutes deux absentes.

L'illusion persistante de la main droite démontre que ce qui survit dans la matière nerveuse, c'est la trace de notre activité et de la prépondérance de cette activité dans l'ensemble de nos actes moteurs habituels. Vraisemblablement, un gaucher conserverait l'hallucination de sa main gauche.

Quoi qu'il en soit de cette explication, l'aveugle est parvenu à développer sa sensibilité cutanée d'une manière très frappante. En effet, je place devant lui, sur une table, deux oranges, l'une à peau épaisse et grenue, l'autre à peau fine et lisse. « La première, déclare le patient, après y avoir promené son moignon d'avant-bras, est allongée en forme de citron. Ce n'est pas

une pomme de terre, car elle serait lourde et dure, et je la sens molle, avec de fines aspérités. C'est une orange. » Puis, approchant son nez du fruit, il ajoute : « C'est certainement une *sanguine*. Je reconnais ma marchandise. »

La deuxième orange lui semble, « au premier abord, une pomme de terre ». Il la presse sur la table, la fait rouler dans l'angle du coude, la sent, la compare à la précédente. « C'est encore une orange, dit-il, et à peau délicate; sa qualité est très bonne... J'en ai tant vendu! »

F. S... vend de nouveau cette même marchandise; il a rouvert sa boutique où il est aidé de son enfant. Muni de deux excellents bras artificiels, il vaque à ses occupations professionnelles, l'esprit moins sombre qu'auparavant. Il fume la cigarette et plaisante quelquefois.

Je voudrais que l'exemple de cet infortuné nous conseillât une action plus méthodique, plus scientifique dans la rééducation des mutilés, dans l'invention et l'application des appareils de prothèse, afin de ménager le temps, l'argent et le moral.

*Conclusion.* — La valeur fonctionnelle d'un moignon dépend de sa puissance musculaire et de sa sensibilité. La valeur pratique d'un appareil de prothèse est tout entière dans l'utilisation de cette force des muscles dirigée, rectifiée par l'acuité sensitive. Il résulte de là que l'éducation des moignons et leur réadaptation au mouvement constituent la base rationnelle de la prothèse et du travail des mutilés.

A 15 heures trois quarts l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 heures.

A. Lx.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 23 OCTOBRE 1916.

PRÉSIDENCE DE M. CAMILLE JORDAN.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

### DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. C. **Jordan** donne lecture d'une *Notice nécrologique* sur M. Maupas :

Un nouveau deuil vient de frapper l'Académie; un télégramme l'avise de la mort de M. **Émile-François Maupas**, Conservateur de la Bibliothèque d'Alger, qu'elle s'était associé comme Correspondant depuis 1901 dans la Section d'Anatomie et Zoologie.

Né en 1842, ancien élève de l'École des Chartes, ses fonctions ne semblaient guère le prédisposer aux beaux travaux qui l'ont signalé à notre choix. Bien qu'il les ait exécutés sur des animalcules, il n'en a pas moins obtenu des résultats surprenants qui ont jeté un jour nouveau sur les problèmes fondamentaux de la Biologie.

Au lieu de se fier au hasard des découvertes, il a soumis les petits êtres qu'il étudiait à une expérimentation rigoureuse, cultivant leurs colonies isolées, à l'abri des microbes ambiants, à température fixe, avec une alimentation bien définie.

On savait depuis longtemps que les Infusoires se multiplient par simple division de leur corps; on observait toutefois fréquemment entre eux des conjugaisons dont les conditions de production et les effets étaient inconnus.

M. Maupas a montré que chaque espèce d'Infusoires ne se reproduit par scissiparité qu'un nombre limité de fois. Lorsqu'on approche de ce nombre, on observe des signes évidents de dégénérescence, et dès qu'il est atteint la colonie meurt. Mais si, avant la dégénérescence, on introduit dans la culture des individus d'une autre origine, de nombreuses conjugaisons se

produisent bientôt, alors qu'on n'en observait aucune entre les individus issus d'une même souche.

Les noyaux des deux Infusoires qui s'associent se disloquent au moment de leur conjugaison. Ils sont remplacés par un noyau neuf formé par les nucléoles des deux individus accouplés; et l'être ainsi rajeuni peut parcourir à nouveau tout le cycle des générations successives par division.

Avec les Rotifères, M. Maupas a abordé le problème de la sexualité. Ces petits êtres, d'abord asexués, se reproduisent par des éléments dénommés *œufs d'été* qui se renouvellent sans fécondation préalable tant que la température ne dépasse pas 18°. Mais cette limite franchie ils deviennent femelles, et les nouveaux œufs qu'ils produisent, plus petits que les œufs d'été, fournissent par leur développement des mâles. De l'union des mâles et des femelles résulte un œuf dont l'embryon s'enkyste et devient susceptible de franchir la mauvaise saison.

Chez les Naïs, M. Maupas a réussi à empêcher l'apparition des organes sexuels en les plaçant dans des conditions constantes de température et d'alimentation de manière à favoriser leur reproduction par division.

Ces résultats singuliers, dont l'importance ne saurait être méconnue, assurent à M. Maupas une place durable dans l'Histoire des Sciences.

MINÉRALOGIE. — *Les verres volcaniques du massif du Cantal.* Note de M. A. Lacroix.

Le massif volcanique du Cantal renferme plusieurs gisements de roches essentiellement ou exclusivement constituées par un verre; elles ont peu d'importance géologique, car leur masse n'est pas considérable, mais elles présentent un intérêt minéralogique. J'en ai entrepris l'étude pour établir leur composition et aussi pour rechercher si leur état vitreux tient à une composition chimique spéciale ou n'est pas plutôt la conséquence de conditions particulières de refroidissement.

J'ai été conduit ainsi à constater qu'il existe deux groupes parmi ces laves; les plus nombreuses et les plus variées rentrent dans la catégorie des roches à excès de silice, mais cette silice libre n'est pas exprimée minéralogiquement. Un autre type est constitué par un verre très basique.

*Pechsteins rhyolitiques.* — Ces roches ont été signalées par les naturalistes

du début du siècle dernier (¹) qui ne les distinguèrent pas tout d'abord des opales résinites abondantes dans le Massif; ce sont elles qui ont été quelquefois désignées sous le nom de *cantalite* (²). Elles forment des filons très minces dans la brèche andésitique du revers occidental du Lioran, dans le haut de la vallée de la Cère, sur les flancs du Plomb du Cantal (chemin des Gardes à Donnadiou et à Verrière, près de la sortie du tunnel du Lioran), ainsi qu'au pied du Puy Griou, près des Chazes (filon ramifié). J'en ai aussi rencontré un petit filonnet ($10^{cm}$ d'épaisseur) dans la haute vallée de la Jordanne, près du village de Raymond (sur le sentier de Chavaroche).

Ces pechsteins sont verts, tantôt assez homogènes, fragiles, dépourvus de cristallisations macroscopiques; ils se débitent souvent en fragments globuleux grâce à des cassures perlitiques; d'autres sont porphyriques et possèdent un éclat gras remarquablement vif (Verrière). Sauf les cristaux porphyriques de sanidine, cette variété possède la même structure intime que la précédente. Au microscope, on ne voit guère, dans un verre incolore, parcouru par des cassures perlitiques, que quelques cristallites pyroxéniques. A Raymond, certaines portions de la roche prennent un aspect pierreux par suite du développement d'éponges de quartz pœcilitique.

Les analyses ci-contre (M. Pisani et dosage du chlore par M. Raoult) *a* du pechstein porphyrique de Verrières (ou Veyrières) [I.4.1.(3)4],

---

(¹) Voir notamment Lacoste, de Plaisance (*Lettres minéralogiques et géologiques sur les volcans d'Auvergne*, 1805, p. 205 et 262). — Faujas de Saint-Fond (*Mém. Mus. hist. nat. Paris*, t. 2, 1815, p. 371). Des analyses très inexactes de ces roches ont été faites par Bergmann (*in* ALEX. BRONGNIART, *Traité élémentaire de Minéralogie*, t. 1, 1807, p. 342) et par Berthier (*in* BEUDANT, *Traité de Minéralogie*, t. 12, 1832, p. 113).

(²) Le terme de *cantalite* semble avoir été employé pour la première fois par von Leonhard (*Handbuch der Oryktognosie*, 1821, p. 122), pour désigner une variété de silex résinite du Cantal, analysée par A. Laugier [*Ann. Mus. Hist. nat.*, t. 5, an XIII (1804), p. 229]. « Ce silex accompagne le pechstein, dit Laugier, qui ne lui donne que le nom de *pierre silico-ferrugineuse*. »

Le nom de *cantalite* réapparaît avec un autre sens plus compréhensif dans la Table des matières du *Traité de Minéralogie* de Dufrénoy, 1845, avec la mention : « cantalite, synonyme de quartz et de pechstein »; dans sa deuxième édition (1859, t. 4, p. 44), Dufrénoy n'emploie plus ce terme que pour désigner une variété de pechstein; ce même sens est donné dans le *Manuel de Minéralogie* de Des Cloizeaux (1862, t. 1, p. 346) et dans la *Description des roches* de d'Orbigny (Cordier), 1868, p. 236.

*b* de celui de Raymond [I.(3)4.1'.4], sont suivies de l'analyse *d* d'un pechstein porphyrique noir de Lusclade au Mont-Dore (*in* von Lasaulx, *N. Jahrb. f. Min.*, 1872, p. 349), qui a la même composition : en général, les rhyolites vitreuses ou sphérolitiques constituant au Mont-Dore des coulées et des ponces de projection sont un peu plus siliceuses.

| | $SiO^2$. | $Al^2O^3$. | $Fe^2O^3$. | FeO. | MgO. | CaO. | $Na^2O$. | $K^2O$. | $TiO^2$. | $P^2O^5$. | Cl. | $H^2O$. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *a*....... | 69,95 | 12,10 | 0,36 | 0,81 | 0,80 | 0,45 | 4,80 | 4,15 | 0,06 | tr. | 0,72 | 6,50 |
| *b*....... | 67,50 | 13,21 | 0,53 | 1,12 | 0,26 | 0,54 | 4,73 | 3,55 | 0,23 | tr. | 0,66 | 7,90 |
| *c*....... | 69,23 | 13,71 | 1,03 | » | n.d. | 0,21 | 4,07 | 3,35 | n.d. | n.d. | n.d. | 8,26 |

Dans l'étude des verres volcaniques, l'indice de réfraction joint à la densité fournit une donnée intéressante : les valeurs suivantes ont été mesurées sur *a* et *b* ; densité 2,31 et 2,33; $n$ (Na) = 1,4972 et 1,4981.

*Pechsteins dellénitiques.* — Le ravin de Vassivières, au-dessus du Lioran, sur le versant de Murat, renferme en abondance de petits filons de quelques décimètres d'épaisseur d'un pechstein dont je dois la connaissance à M. Pagès-Allary. Ils traversent la brèche andésitique et les coulées intercalées au milieu d'elle. Il s'agit là d'une roche noire, vitreuse, à cassure tantôt brillante et tantôt mate, possédant un délit prismatique, avec disposition des prismes normale aux épontes des filons. Fréquemment, le centre de ceux-ci possède un aspect très différent; il est alors constitué par une roche poreuse d'un gris de souris. L'examen microscopique montre que, malgré ces différences extérieures, la composition minéralogique et la structure de ces roches sont identiques; elles renferment notamment les mêmes petits phénocristaux de plagioclase. Elles ne diffèrent que parce que dans l'une le verre est continu et dans l'autre très bulleux ([1]). Les phénocristaux sont à rapporter à l'andésine; ils sont accompagnés d'un peu de biotite, avec, çà et là, quelques cristaux d'augite et de hornblende et enfin de très fins microlites feldspathiques filiformes, à extinction longitudinale, associés à de nombreuses et fort petites lamelles de biotite.

L'analyse *a* a été faite sur le bord vitreux (M. Raoult) [I'.4.2.3]; je donne en *b* [I'.4(5).2.3'] comme comparaison celle d'un type assez fréquent au Mont-Dore (sous forme de blocs) et constitué par un verre noir fragile, à cassure irrégulière, riche en phénocristaux de sanidine et d'andésine, accompagnés d'apatite, de sphène et de biotite; ces minéraux sont dissé-

([1]) Une variante est formée par des filons dans lesquels le centre est dépourvu de bulles, mais possède un état mat : la fluidalité du verre est des plus nettes.

minés dans un verre brun, à structure fluidale étirée et à cassure perlitique, pauvre en cristallites. Le calcul de la composition virtuelle de la roche du Lioran donne : quartz, 18 pour 100; orthose, 34; albite, 28; anorthite, 8, soit un plagioclase à 22 pour 100 d'anorthite. On voit que l'orthose et le plagioclase existent en quantité presque égale; cette roche a donc la composition chimique d'une monzonite quartzifère; elle peut être considérée comme un type caractéristique de *dellénite*. La roche du Mont-Dore ne renferme que 13 pour 100 de silice libre, 31 d'orthose et 46 de plagioclase à 21 pour 100 d'anorthite : le rapport des deux feldspaths est de 0,67; c'est encore une dellénite, mais à la limite des latites. La densité du verre de Lioran est de 2,51; $n = 1,5148$.

*Perlite dacitique.* — Cette roche constitue aussi un filon dans la brèche andésitique du Plomb du Cantal, près du buron de Rambertère; sa composition minéralogique a été décrite par Fouqué (¹) (I, apatite, titanomagnétite, hornblende, augite, biotite, plagioclases zonés avec $Ab^4An^3$ comme moyenne; II, verre brunâtre en lames minces avec quelques cristallites ferrugineux et cassures perlitiques). L'analyse *a* (M. Raoult) [I(II).4'.'3.3'] est accompagnée de celle *b* [II.'5.3.4] d'une andésite à augite et hypersthène d'une coulée voisine du Griou. Le calcul de la composition virtuelle de *a* donne : quartz, 15 pour 100; orthose, 20; albite, 24; anorthite, 19, c'est-à-dire plagioclase à 44 pour 100 d'anorthite. Le rapport de l'orthose au plagioclase est de 0,46; la roche est donc une *dacite* typique. Quant à celle que j'ai prise comme comparaison, son plagioclase virtuel est à 40 pour 100 d'anorthite; c'est un type un peu plus calcique et ferro-magnésien, une véritable andésite, avec cependant encore 6 pour 100 de silice libre.

| | | | | | | | | | | | | $H^2O$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $SiO^2$. | $Al^2O^3$. | $Fe^2O^3$. | FeO. | MgO. | CaO. | $Na^2O$. | $K^2O$. | $TiO^2$. | $P^2O^5$. | Cl. | à 105°. | au rouge. |
| *a*... | 57,26 | 15,42 | 3,42 | 2,80 | 2,21 | 5,50 | 3,28 | 3,37 | 2,40 | 0,31 | 0,50 | 0,61 | 2,98 |
| *b*... | 53,85 | 16,21 | 4,11 | 4,70 | 3,35 | 7,81 | 3,75 | 2,22 | 2,60 | 0,64 | » | 1,25 | |

En résumé, les roches qui viennent d'être décrites sont toutes filoniennes; le pechstein rhyolitique représente le terme extrême de différentiation du magma du Cantal; il n'y est connu jusqu'ici que sous cette forme filonienne. Il faut remarquer que les roches qui s'en rapprochent le plus, au point de

(¹) *Bull. Soc. franç. Minér.*, t. 17, 1894, p. 519. Mon regretté maître a donné l'analyse du verre et du feldspath, et non celle de la roche en bloc, telle qu'elle est fournie ci-dessus; la localité a été désignée sous le nom de Ramburtet.

vue de la composition, sont les trachytes miocènes des premières éruptions du volcan, mais elles s'en distinguent nettement par l'âge, puisque ce pechstein traverse la brèche andésitique pliocène qui recouvre ces trachytes. Les deux autres types sont comparables au groupe de roches constituant la plus grande partie du Massif du Cantal; c'est à Fouqué qu'est due la notion de leur nature andésitique; l'étude chimique permet aujourd'hui d'aller plus loin et de faire voir leur complexité; elles correspondent les unes à de véritables andésites ou à des dacites (et de nature variée), les autres à des dellénites; je donnerai ultérieurement des précisions à cet égard [1].

L'étude des roches du torrent de Vassivières permet de prouver que leur texture vitreuse n'est due qu'aux conditions de leur consolidation, à un refroidissement brusque affectant complètement ou localement (sur les bords) des veinules de petite masse. A cet égard, ces filons m'ont rappelé ceux que j'ai observés à la Réunion, dans le Massif du Piton des Neiges. Les hautes falaises du ravin de Cilaos, entaillées dans un complexe d'agglomérats, de coulées et de sills basaltiques, sont traversées par un réseau de petits filons basaltiques; dès que ceux-ci n'ont que quelques décimètres et surtout lorsqu'ils ont moins d'épaisseur, leurs bords deviennent vitreux et lorsqu'on les suit jusqu'à leur terminaison, on les voit diminuer progressivement d'épaisseur pour se terminer par des prolongements capillaires. La zone vitreuse latérale augmente alors rapidement et finit par constituer entièrement toute la roche.

Il me reste à considérer le verre très basique. Il forme au sud de Loubarcet ($13^{km}$ au sud de Massiac et $3^{km}$ à l'ouest de la Chapelle Laurent) des accumulations de gros blocs [2] qui correspondent probablement à une coulée démantelée.

De nombreuses variétés de texture sont à considérer dans ce verre noir; les unes ont un faciès obsidiennique, à cassure conchoïde; dans d'autres, la cassure est irrégulière par suite de l'existence de petits pores à gaz et l'on passe ainsi à des types nettement bulleux. Aux affleurements, ces roches sont superficiellement hydratées et oxydées, friables; leur couleur jaune

---

(1) M. Lagorio a donné (*Tschermak's min. u. petr. Mitteil.*, t. 8, 1887, p. 475) l'analyse partielle d'un pechstein noir, indiqué comme provenant du Cantal, sans plus de précision, qui est plus riche en alumine et en alcalis que les roches dont il est question ici.

(2) M. Pagès-Allary a bien voulu recueillir pour moi une série nombreuse d'échantillons de cette roche, qui se rencontre aussi en petits fragments dans les produits des projections de Védrines, près Molompize.

brunâtre et les autres propriétés sont celles de la palagonite. Au microscope, le verre apparaît hétérogène, brun à violacé; des cassures, irrégulières plutôt que perlitiques, le parcourent; sa fluidalité est jalonnée par quelques cristallites ferrugineux. Des phénocristaux d'olivine à formes nettes de dimensions variées sont accompagnés de quelques rares microlites d'augite. Aucune différence de structure n'existe entre les divers types observés. Dans le même gisement, quelques échantillons pierreux ont été recueillis; ils sont constitués par un basalte, à très fins microlites d'augite et de labrador, qui a la même composition chimique : j'ai obtenu un type pétrographique identique en chauffant l'obsidienne jusqu'à transformation en une masse bulleuse et en la soumettant alors à un recuit de quelques heures.

L'analyse suivante (M. Raoult): *a*, [III'.6.3.4] donne la composition de cette roche; *b* est celle de l'*essexite* [III.6'.3.4] filonienne que j'ai signalée, il y a quelques années, en dykes dans la brèche andésitique de la Font-aux-Vaches, près du Puy Griou : la densité de *a* est de 2,90; $n = 1,6150$.

| | $SiO^2$. | $Al^2O^3$. | $Fe^2O^3$. | FeO. | MgO. | CaO. | $Na^2O$. | $K^2O$. | $TiO^2$. | $P^2O^5$. | Cl. | $H^2O$ à 105°. | $H^2O$ au rouge. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *a*... | 43,84 | 13,16 | 0,91 | 9,30 | 11,28 | 11,98 | 3,06 | 1,36 | 4,20 | 0,16 | 0,30 | 0,21 | 0,38 |
| *b*... | 46,31 | 14,90 | 1,77 | 8,98 | 8,15 | 9,51 | 4,06 | 1,62 | 3,00 | 0,32 | » | 1,38 | » |

La faible perte au feu contraste avec la richesse en eau des pechsteins précédents; il s'agit là d'une obsidienne de basalte essexitique, renfermant 12 pour 100 de néphéline virtuelle : l'essexite de la Font-aux-Vaches appartient au même groupe; elle est seulement un peu plus riche en éléments blancs, tous exprimés; la roche de Loubarcet est l'une des plus basiques, sinon la plus basique des laves du Cantal. La rareté des obsidiennes basaltiques, se présentant autrement que sous forme d'une croûte mince de quelques centimètres à la surface d'une coulée, lui donne un intérêt tout spécial.

En terminant, je ferai remarquer la constance dans toutes ces laves vitreuses, quelle que soit leur composition, d'une quantité notable de *chlore*; elle est facilement explicable puisque de tous les magmas volcaniques en voie d'épanchement se dégagent des chlorures alcalins; cette constatation est à rapprocher des observations de M. Brun qui ont montré [1] l'existence de composés chlorés parmi les gaz extraits des roches volcaniques les plus diverses.

---

[1] *Recherches sur l'exhalaison volcanique*, 1911. Dans cet Ouvrage sont étudiés (p. 36) les gaz extraits d'une « obsidienne du Plomb du Cantal », qui est certainement l'un des pechsteins dont il est question plus haut. Ces gaz consistent en Cl, HCl, $H^2S$, $SO^2$, $CO^2$, CO, H, Az avec un peu de salmiac et des traces d'hydrocarbures.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur quelques fonctions numériques remarquables.* Note de M. G. HUMBERT.

1. *Définitions.* — Dans deux Notes publiées aux *Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 220 et 293), j'ai étudié certaines fonctions entières, dont les propriétés intéressent l'Arithmétique : elles sont au nombre de *douze*, si l'on joint à celles que j'ai introduites leurs transformées par les changements de $q$ en $-q$ ou de $x$ en $x+\frac{1}{2}\pi$. Pour compléter ce qu'on pourrait appeler *le premier degré*, il me reste à définir *quatre* nouvelles fonctions.

Nous poserons

$$\sigma(x)=4\sum_{m=1}^{\infty} q^{m^2}\frac{q^m}{1-q^{2m}}(-1)^m \sin 2mx,$$

$$s(x)=2\sum_{1}^{\infty} q^{m^2}\frac{1+q^{2m}}{1-q^{2m}}(-1)^m \sin 2mx,$$

fonctions évidemment entières.

$\sigma_1$ et $s_1$ seront respectivement $\sigma\left(x+\frac{\pi}{2}\right)$ et $s\left(x+\frac{\pi}{2}\right)$. Entre $\sigma$ et $s$, on a le lien établi par l'équation

$$(1)\qquad s(x)=\sigma\left(x+\frac{\pi\tau}{2}\right)+i[1-\Theta(x)] \qquad (q=e^{i\pi\tau}),$$

avec les notations de mes Notes antérieures; de plus, $\sigma_1$ et $s_1$ se rattachent aux fonctions définies dans ces Notes par

$$\psi H_1+\sigma_1\Theta=\Theta', \qquad \chi\Theta_1+s_1\Theta=\Theta'.$$

Indiquons également les relations

$$\sigma(x+\pi\tau)=\sigma(x)-2q^{-\frac{1}{4}}e^{-ix}H(x)-2i,$$
$$s(x+\pi\tau)=s(x)+i[1-q^{-1}e^{-2ix}]\Theta(x)-2i.$$

2. *Formules fondamentales pour s.* — La liaison de $s(x)$ avec les formes quadratiques résulte surtout des deux développements suivants :

$$(2)\qquad \frac{s'(x)-\sigma'(0)}{\Theta(x)}=-4\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^n q^n \sum_{4n}(-1)^{\frac{m}{4}}\cos\frac{m_2-m_1}{2}x,$$

$$(3)\qquad \frac{s''(x)}{\Theta(x)}=\quad 4\sum_{1}^{\infty}(-1)^n q^n \sum_{4n}(-1)^{\frac{m}{4}}(m_1+m_2-m)\sin\frac{m_2-m_1}{2}x.$$

Dans ces formules, les sommes $\sum\limits_{4n}$ portent sur les *classes* de formes quadratiques binaires et positives, de l'ordre propre, et de discriminant $4n$; on désigne respectivement par $m_1$, $m_2$, $m$ (avec $m_1 \leqq m_2$), les deux minima impairs et le minimum pair d'une de ces classes.

De (2) on déduit, en chassant $\Theta(x)$ et égalant les coefficients de $q^{\mathrm{N}}$ dans les deux membres, N représentant un *entier positif donné* arbitrairement,

$$(4)\quad \sum_{4\mathrm{N}-4k^2} (-1)^{\frac{m}{4}} \cos\left(\frac{m_2-m_1}{2}+2k\right)x = -\sum{}' 2d' \cos 2d'x + (-1)^{\mathrm{N}} \sum{}'' 2\delta(-1)^{\delta}.$$

La première somme s'étend aux classes positives (ordre propre) des discriminants $4\mathrm{N}-4k^2$, où $k$ prend les valeurs $0, \pm 1, \pm 2, \ldots$, $4\mathrm{N}-4k^2$ restant positif. Au second membre, $\Sigma'$ porte sur les décompositions en facteurs $\mathrm{N}=d'd'_1$, où $d'$, $d'_1$ sont entiers positifs, *de même parité*, et $d' \leqq d'_1$; la somme $\Sigma''$ porte sur les décompositions $\mathrm{N}=\delta\delta_1$, où $\delta$ et $\delta_1$, entiers positifs, sont *de parités contraires* et $\delta < \delta_1$. Ajoutons que, dans $\Sigma'$, si $d'=d'_1$, le terme correspondant doit être divisé par 2.

On déduit de (4), en désignant par $\varphi(u)$ une *fonction paire* quelconque, finie pour toute valeur entière de $u$, et *telle que* $\varphi(0)=0$, la relation plus simple

$$(5)\quad \sum_{4\mathrm{N}-4k^2} (-1)^{\frac{m}{4}} \varphi\left(\frac{m_2-m_1}{2}+2k\right) = -\sum{}' 2d' \varphi(2d'),$$

qui, *si l'on y joint* celle obtenue en faisant $x=0$ dans (4), est équivalente à (4).

De même (3) donne la formule suivante, où $f$ désigne une *fonction impaire quelconque*,

$$(6)\quad \sum_{4\mathrm{N}-4k^2} (-1)^{\frac{m}{4}} (m_1+m_2-m) f\left(\frac{m_2-m_1}{2}+2k\right) = -\sum{}' 4d'^2 f(2d'),$$

$\Sigma$ et $\Sigma'$ étant définies en tout comme ci-dessus.

3. *Conséquences arithmétiques.* — On en obtiendra de nombreuses, en variant la forme des fonctions $\varphi$ et $f$ dans (5) et (6).

D'abord, en faisant $x=0$ dans (4), on trouve la relation

$$(7)\quad \sum_{4\mathrm{N}-4k^2} (-1)^{\frac{m}{4}} = -\sum{}' 2d' + (-1)^{\mathrm{N}} \sum{}'' 2\delta(-1)^{\delta},$$

qui est de même nature que les formules classiques de Kronecker, sur les nombres de classes, mais en diffère en ce qu'une classe est comptée positivement ou négativement selon que son minimum pair, $m$, est ou non multiple de 8.

Il convient d'observer que, dans les formules précédentes et dans les suivantes, les sommes $\Sigma'$ sont nulles, par leur définition même, quand $N \equiv 2 \mod 4$; de même les sommes $\Sigma''$, quand N est impair.

Si nous remplaçons, dans (5), $\varphi(x)$ par $x^2$, nous trouverons, après quelques transformations faciles et en utilisant (7),

$$\sum_{4N-4k^2} (-1)^{\frac{m}{4}} \{ m^2 - 2m(m_1 + m_2) + 2(m_2 - m_1)^2 \} = 32 \sum{}' d'^2 (d'_1 - d') - 32(-1)^N \sum{}'' (-1)^\delta \delta^2 \delta_1.$$

Si, dans (3), nous faisons $f(x) = x$, nous aurons de suite

$$\sum_{4N-4k^2} (-1)^{\frac{m}{4}} \{ m_2^2 - m_1^2 - m(m_2 - m_1) \} = -16 \sum{}' d'^3,$$

formule analogue à la précédente.

Dans cette dernière, en passant des classes (ordre propre) de discriminants $4N - 4k^2$ à celles de discriminants $N - k^2$, où $k = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots$, et $N - k^2 > 0$, on obtient

$$(8) \qquad \sum_{N-k^2} 2m^2 - m(m_1 + m_2) - (m_2 - m_1)^2 = 4 \sum{}' d'^3.$$

J'ai déjà indiqué cette formule (*Comptes rendus*, t. 150, 1910, p. 436); ici elle apparaît comme cas particulier de la relation bien plus générale (6).

4. L'équation (2) peut prendre, par l'introduction des classes de discriminant $n$ (au lieu de $4n$), la forme suivante, où ne figure plus aucune puissance de $(-1)$,

$$\Theta_1(x) \sum_{n=1}^{\infty} q^n \sum_n [(m_2 - m) \sin(m + m_2 - m_1)x + (m_1 - m) \sin(m + m_1 - m_2)x] = -2 \sum_{N=1}^{\infty} q^N \sum{}' d'^2 \sin 2dx;$$

elle donnerait lieu à une relation analogue à (6). Si nous y faisons

$x = \frac{1}{4}\pi$, et si nous égalons les coefficients de $q^N$ dans les deux membres, nous obtenons une identité lorsque N est pair; pour $N = 2M + 1$, en examinant successivement les cas de M pair et de M impair, nous trouvons deux formules, qu'on peut résumer en celle-ci :

$$\sum_{2M+1-4k^2} \nu(-1)^{\frac{\nu-1}{2}} = \left(\frac{-2}{2M+1}\right) \sum' d'^2(-1)^{\frac{d'-1}{2}},$$

$\nu$ désigne $\frac{1}{2}(m_2 - m_1)$ si M est impair, et $\frac{1}{2}(m_2 + m_1) - m$ si M est pair; la somme $\Sigma'$ porte sur les décompositions $2M + 1 = d'd'_1$, avec $d' \leqq d'_1$, et, si $d' = d'_1$, on divisera par 2 le terme correspondant de $\Sigma'$. Enfin $\left(\frac{-2}{2M+1}\right)$ est le symbole ordinaire de Jacobi, égal à $(-1)^{\frac{M}{2}}$ ou à $(-1)^{\frac{M-1}{2}}$, selon que M est pair ou impair.

Nous avons déjà trouvé cette formule, mais seulement dans le cas de M impair, et isolément (*Comptes rendus*, t. 150, 1910, p. 434).

Dans toutes ces relations, si l'on rencontre une classe telle que $(a, 0, a)$, on divisera par 2 l'ensemble des termes qui en proviennent.

On aurait, avec $\sigma(x)$, deux formules fondamentales, analogues à (2) et (3), que, pour abréger, nous ne transcrirons pas ici, et qui donneraient également des conséquences arithmétiques nouvelles; nous préférons indiquer comment $\sigma(x)$ se rattache à une théorie classique.

5. *Liaison avec les recherches de M. Appell.* — On sait que M. Appell, pour la décomposition en éléments simples des fonctions elliptiques de troisième espèce, a eu l'idée féconde d'introduire, non pas seulement une fonction d'*une* variable, telle que l'élément simple, $Z(z-a)$, d'Hermite, mais une véritable fonction de *deux* variables; nous n'aurons à considérer ici que sa fonction *d'ordre un*, $\chi_1(a, z)$, et, pour rester d'accord avec nos notations, nous ferons, dans les formules de M. Appell (*Annales de l'École Normale*, 3e série, t. 1, 1884), $2K = \pi$; $2iK' = \pi\tau$. Partons alors de la relation suivante, due à l'éminent géomètre (1) :

$$(9) \qquad \frac{H_1(a)}{H_1(z)} e^{i(a-z)} \chi_1(a, z) = \frac{H'}{H}\left(z - \frac{\pi}{2}\right) - \frac{H'}{H}(z-a) + \Psi(a),$$

(1) Voir aussi HALPHEN, *Fonctions elliptiques*, t. 1, p. 481, où la relation (9) est présentée sous une forme équivalente.

la fonction *entière* $\Psi(a)$ ayant pour expression (*Ibid.*)

$$\Psi(a) = i - 2\sum_{n=1}^{\infty} q^{n^2} \frac{1+q^{2n}}{1-q^{2n}} \sin 2n\left(a - \frac{\pi\tau}{2}\right).$$

On en déduit

$$\Psi\left(a + \frac{\pi\tau}{2} + \frac{\pi}{2}\right) = i - s(a),$$

et, par la formule (1) ci-dessus,

$$(10) \qquad \Psi\left(a + \frac{\pi}{2}\right) = -\sigma(a) + q^{-\frac{1}{4}} e^{ia} \mathrm{H}(a),$$

d'où la liaison entre $\sigma(a)$ et la fonction entière rencontrée par M. Appell.

Cela posé, remplaçons, dans (9), $a$ et $z$ par $a + \frac{1}{2}\pi$, $z + \frac{1}{2}\pi$ et tenons compte de (10); nous trouvons

$$(11) \quad \frac{\mathrm{H}(a)}{\mathrm{H}(z)}\left[e^{i(a-z)}\chi_1\left(a + \frac{\pi}{2}, z + \frac{\pi}{2}\right) - \mathrm{H}(z) q^{-\frac{1}{4}} e^{ia}\right] = \frac{\mathrm{H}'}{\mathrm{H}}(z) - \frac{\mathrm{H}'}{\mathrm{H}}(z-a) - \sigma(a).$$

Désignons par $\xi(a, z)$ la fonction entre crochets au premier membre :

$$(12) \qquad \frac{\mathrm{H}(a)}{\mathrm{H}(z)}\xi(a, z) = \frac{\mathrm{H}'}{\mathrm{H}}(z) - \frac{\mathrm{H}'}{\mathrm{H}}(z-a) - \sigma(a);$$

cette fonction possède des propriétés analogues à celles de $\chi_1$; en particulier, elle peut remplacer $\chi_1$ comme élément simple, car elle devient infinie, et de la même manière que $\chi_1$, pour $z = a$; elle a, sur $\chi_1$, en vertu même de (12), l'avantage d'être *impaire* par rapport à l'ensemble $a, z$, c'est-à-dire que $\xi(-a, -z) = -\xi(a, z)$.

Son développement est

$$\xi(a, z) = 2i\sum_{n=-\infty}^{+\infty} (-1)^n \frac{e^{i(a-z)}}{e^{2i(a-z)} - q^{2n}} q^{n^2+n} e^{2niz},$$

et l'on a les formules

$$(13) \qquad \begin{aligned} &\xi(a, z + \pi\tau) = -q^{-1} e^{-2iz}\xi(a, z); \\ &\xi(a + \pi\tau, z) = -q \quad e^{2ia}\,\xi(a, z) - 2q^{\frac{3}{4}} e^{ia} \mathrm{H}(a). \end{aligned}$$

6. On peut aussi rattacher directement à $\xi$, donc à l'élément simple de M. Appell, les fonctions numériques entières ($\psi_1$, $\psi$, $\zeta$, ...) de nos deux Notes de 1914 [1]; on a, par exemple,

$$\theta\frac{\psi_1(a)}{\Theta_1(a)} = \frac{1}{i} q^{\frac{1}{4}} \xi\left(a + \frac{\pi}{2}, -\frac{\pi\tau}{2}\right),$$

---

[1] *Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 220 et 293.

où $\theta = \Theta(0)$, et une relation analogue a lieu pour $\psi(a)$. Dès lors, la méthode de décomposition de M. Appell conduit de suite à la formule

$$\eta_1^2 \frac{H}{\Theta\Theta_1} = \frac{\psi}{\Theta} + \frac{\psi_1}{\Theta_1},$$

obtenue autrement dans ma première Note [1], et qui m'a donné des conséquences arithmétiques.

L'élément $\xi$ mène à d'autres fonctions numériques intéressantes. Observons en effet que $\xi(a, z) H(a-z)$ est une fonction entière, $V(a, z)$, de $a$ et de $z$; on voit, par (13), que, *considérée comme fonction de* $z$, c'est un thêta d'ordre *deux*, et l'on en déduit l'expression

$$V(a, z) = \varphi_1(a)\Theta_1(2z-a, q^2) + \varphi_2(a) H_1(2z-a, q^2), \tag{14}$$

$\varphi_1(a)$ et $\varphi_2(a)$ étant des fonctions entières de $a$, pour lesquelles on trouve les développements *arithmétiques :*

$$\varphi_1(a) = \sum_{n=0}^{\infty} q^{2n+\frac{1}{4}} \mathop{S'}_{8n+1} (-1)^{\frac{\alpha+1}{2}} \cos\beta a,$$

$$\varphi_2(a) = \sum_{n=1}^{\infty} q^{2n-\frac{1}{4}} \mathop{S''}_{8n-1} (-1)^{\frac{\alpha+1}{2}} \cos\beta a.$$

Les sommes S′ et S″ portent respectivement sur les représentations

$$8n \pm 1 = \alpha^2 - 2\beta^2,$$

avec $\alpha$, $\beta$ entiers,

$$\beta \gtreqless 0, \qquad \alpha > 2|\beta|.$$

Sans développer ici les conséquences arithmétiques de (14), nous indiquerons un autre lien entre $\varphi_1$, $\varphi_2$ et nos fonctions numériques; on a, en effet, avec nos notations habituelles (*loc. cit.*),

$$\varphi_1(a) = -\frac{\eta_1}{2} \frac{\zeta\left(a+\frac{\pi}{2}\right) + \theta\theta_1}{\Theta_1(a, q^2)}, \qquad \varphi_2(a) = \frac{\eta_1}{2} \frac{\zeta\left(a+\frac{\pi}{2}\right) - \theta\theta_1}{H_1(a, q^2)};$$

---

[1] Je signale ici quelques fautes d'impression au Tome 158 des *Comptes rendus :*

| | *Au lieu de :* | *Lire :* |
|---|---|---|
| Page 223, équation (12)....... | $f(2h+1)$ | $f(2k+1)$ |
| Page 224, équation (13)....... | $f(x)$ | $f(\alpha)$ |
| Page 224, équation (15)....... | $f(x)$ | $f(\alpha)$ |
| Page 293, ligne 10 du nº 1..... | $\theta_1^2 H_1(y)\Theta(y)$ | $\theta_1^2 H_1(y)\Theta(y)$ ; $\Theta_1^2(y)$ |

d'où de nouvelles identités arithmétiques. Par exemple, F désignant une fonction *paire* d'une variable, et N un entier positif donné, *non carré*, on a

$$\sum (-1)^{\frac{\alpha-1}{2}} F(\beta + k) = 0,$$

Σ s'étendant aux représentations

$$8N + 1 = 2k^2 + \alpha^2 - 2\beta^2$$

avec α, β, *k* entiers,

$$k \text{ et } \beta \gtreqless 0 \quad \text{et} \quad \alpha > 2|\beta|.$$

Ajoutons enfin que, si l'on regarde $V(a, z)$ comme fonction des deux variables indépendantes $u = a - z$ et $v = z$, elle est *symétrique* par rapport à $u$ et $v$, ce qui justifie encore l'introduction de l'élément $\xi(a, z)$.

Le Prince **Bonaparte** fait hommage à l'Académie du deuxième fascicule de ses *Notes ptéridologiques* qu'il vient de publier. Dans ce travail on trouve les résultats de l'examen que l'auteur a fait d'environ 1880 spécimens de Ptéridophytes qu'il a eu à étudier et qui proviennent surtout d'Afrique. Il donne les déterminations de 684 espèces et de 156 variétés dont beaucoup sont différentes. Deux espèces et treize variétés sont nouvelles.

En présentant ces *Notes* l'auteur fait remarquer la difficulté qu'il y a à séparer entre elles beaucoup d'espèces dont les limites sont souvent bien mal définies et floues. Il attache une grande importance aux petits caractères dits *caractères jordaniens* à cause de leur grande fixité dans la nature.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les zéros de* $\zeta(s)$ *de Riemann.*
Note de M. **C. de la Vallée Poussin.**

1. M. G.-H. Hardy a découvert [1] que $\zeta(s)$, où $s = \sigma + it$, a une infinité de racines sur la droite $\sigma = \frac{1}{2}$. Je vais prouver que *le nombre de ces racines pour lesquelles* $|t|$ *est* $< T$ *infiniment grand n'est pas d'ordre inférieur à* $\sqrt{T}$. Je ne considère ici que les racines d'ordre impair et je ne les compte qu'une fois si elles sont multiples [2].

---

(1) *Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 1012.

(2) M. Landau a abordé le même sujet et étendu le théorème de M. Hardy aux fonctions liées à la progression arithmétique (*Math. Ann.*, B. 76, 1915).

Je pose, en sorte que $\rho(t)$ est une fonction paire,

$$s=\frac{1}{2}+ti, \qquad \rho(t)=\pi^{-\frac{s}{2}}\Gamma\left(\frac{s}{2}\right)\zeta(s).$$

M. Hardy démontre la formule (sauf une correction indiquée par M. Landau)

$$(1) \qquad \int_{-\infty}^{\infty} e^{\alpha t}\rho(t)\,dt=-4\pi\cos\frac{\alpha}{2}+2\pi e^{\frac{\alpha i}{2}}\sum_{-\infty}^{\infty} e^{-n^2\pi e^{2\alpha i}},$$

où $\alpha$ est un paramètre dont la partie réelle est comprise entre $\pm\frac{\pi}{4}$. Si $t$ tend vers $+\infty$, $\rho(t)$ devient $< e^{\varepsilon t}e^{-\frac{\pi}{4}t}$ quelque petit que soit $\varepsilon$, en vertu des formules d'approximation de $\Gamma$, de telle sorte que l'intégrale (1) est absolument convergente.

Je remplace $\alpha$ par $\frac{\pi}{4}-u$, où $u$ aura sa partie réelle positive. J'obtiens ainsi

$$\sum_{-\infty}^{\infty} e^{-n^2\pi e^{2\alpha i}}=\sum_{-\infty}^{\infty}(-1)^n e^{-n^2\pi\, 2e^{-ui}\sin u}$$
$$=\frac{e^{\frac{ui}{2}-\frac{\pi i}{8}}}{\sqrt{2\sin u}}\sum_{-\infty}^{\infty} e^{-\left(n+\frac{1}{2}\right)^2\pi\frac{e^{ui}}{2\sin u}},$$

comme on s'en assure aisément en faisant $\omega=\frac{1}{2}$ et $z=2e^{-ui}\sin u$ dans la formule connue ([1])

$$\sum_{-\infty}^{\infty} e^{-n^2\pi z}\cos(2n\pi\omega)=\frac{1}{\sqrt{z}}\sum_{-\infty}^{\infty} e^{-(n+\omega)^2\frac{\pi}{z}}.$$

Après simplifications, la formule (1) revient ainsi à la forme (réelle)

$$(2) \qquad \begin{cases} \displaystyle\int_{-\infty}^{\infty} e^{\left(\frac{\pi}{4}-u\right)t}\rho(t)\,dt=-4\pi\cos\left(\frac{u}{2}-\frac{\pi}{8}\right)+\psi(u) \\ \displaystyle\psi(u)=\frac{4\pi}{\sqrt{2\sin u}}\sum_{0}^{\infty}(-1)^{\frac{n(n+1)}{2}} e^{-\left(n+\frac{1}{2}\right)^2\frac{\pi}{2\,\mathrm{tang}\,u}}. \end{cases}$$

2. On voit immédiatement que $\psi(u)$ et ses dérivées s'annulent pour $u=0$. Je calcule les majorantes de ces dérivées par le procédé classique. Ainsi, soient $u$ un point de l'axe réel positif, C un cercle de centre $u$ et de

---

([1]) M. Landau fait un usage analogue de cette formule.

rayon $\lambda u$ ($\lambda < 1$), $\varepsilon$ une quantité complexe infiniment petite avec $u$. On a, sur le cercle C,

$$|\psi(z)| = \left|\frac{4\pi(1+\varepsilon)}{\sqrt{2z}} e^{-\frac{\pi}{8z}}\right| < \frac{A}{\sqrt{(1-\lambda)u}} e^{-\frac{\pi}{8(1+\lambda)u}},$$

où A est numérique. Par conséquent, le rayon de C étant $\lambda u$,

$$(3) \qquad \psi^{(2k)}(u) < \frac{(2k)!}{(\lambda u)^{2k}} \frac{A}{\sqrt{(1-\lambda)u}} e^{-\frac{\pi}{8(1+\lambda)u}}.$$

3. Soient $\rho_1 < \rho_2, \ldots, \rho_n, \ldots$ les racines distinctes, réelles, positives et d'ordre impair de $\rho(t)$. Je dis que l'*on peut assigner une constante $h$ telle que l'on ait $\rho_n < h(2n-1)^2$ pour une infinité de valeurs de $n$.*

En effet, je suppose qu'à partir d'un certain indice on ait la relation inverse

$$\rho_n > h(2n-1)^2;$$

je forme alors la fonction entière, paire ainsi que $\rho(t)$,

$$\varphi(t) = \left(1 - \frac{t^2}{\rho_1^2}\right)\left(1 - \frac{t^2}{\rho_2^2}\right)\cdots = \sum_{k=0}^{\infty}(-1)^k a_{2k} t^{2k}.$$

Les coefficients $a_{2k}$ sont positifs et (à condition de prendre le coefficient B suffisamment grand) inférieurs aux coefficients des mêmes puissances de $t$ dans la fonction obtenue en substituant $h(2n-1)^2$ à $\rho_n$ dans l'expression de $B\varphi(t)$, à savoir

$$B\cos\left(\frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{t}{h}}\right)\cos\left(\frac{\pi i}{2}\sqrt{\frac{t}{h}}\right) = B\sum_{k=0}^{\infty}(-1)^k \frac{\pi^{4k}}{(4k)!\,(2h)^{2k}} t^{2k}.$$

De là, la relation

$$(4) \qquad \alpha_{2k} < \frac{B}{\Gamma(4k+1)}\left(\frac{\pi^2}{2h}\right)^{2k} = \frac{B\sqrt{\pi}}{\Gamma\left(2k+\frac{1}{2}\right)\Gamma(2k+1)}\left(\frac{\pi^2}{8h}\right)^{2k}.$$

Je dérive l'équation (2), par rapport à $u$, successivement $2, 4, \ldots, 2k, \ldots$ fois, je multiplie ces résultats successifs par $a_0, -a_1, \ldots, \pm a_{2k}, \ldots$ respectivement et j'ajoute. J'obtiens, sans incertitude sur la convergence, parce que la série positive $\Sigma a_{2k} t^{2k}$ est de l'ordre de $e^{\sqrt{t}}$,

$$\int_{-\infty}^{\infty} t^2 \varphi(t) e^{\left(\frac{\pi}{4}-u\right)t} \rho(t)\, dt = \pi\varphi\left(\frac{i}{2}\right)\cos\left(\frac{u}{2}-\frac{\pi}{8}\right) + \sum_{k=0}^{\infty}(-1)^k a_{2k}\, \varphi^{(2k+2)}(u).$$

Le premier membre est négatif, car $\varphi(t)\,\rho(t)$, qui n'admet aucun changement de signe, est, avec $\zeta\left(\frac{1}{2}\right)$, négatif pour $t=0$; le premier terme du second membre est positif; donc il y a contradiction si la série finale tend vers zéro avec $u$. Cherchons des valeurs de $h$ qui assurent cette condition.

Par la substitution des majorantes (3) et (4), nous voyons que le module de cette dernière série est inférieur à l'expression

$$\frac{\mathrm{AB}}{\lambda^2 u^2\sqrt{(1-\lambda)u}}\, e^{-\frac{\pi}{8(1+\lambda)u}} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(2k+1)(2k+2)}{\Gamma\left(2k+\frac{1}{2}\right)} \left(\frac{\pi^2}{8h\lambda u}\right)^{2k}.$$

Cette expression est, quel que soit $\varepsilon$ positif, d'ordre inférieur à

$$\frac{1}{u^2\sqrt{u}}\, e^{-\frac{\pi}{8(1+\lambda)u}} \sum_{0}^{\infty} \frac{1}{\Gamma(2k+1)} \left[\frac{\pi^2(1+\varepsilon)}{8h\lambda u}\right]^{2k} < \frac{1}{u^2\sqrt{u}}\, e^{-\left(\frac{1}{1+\lambda}-\frac{\pi+\pi\varepsilon}{\lambda h}\right)\frac{\pi}{8u}}.$$

La série tend donc vers zéro avec $u$ si $h$ est $>\pi\frac{1+\lambda}{\lambda}$, ce qui aura lieu pour un $\lambda<1$ si $h$ est $>2\pi$. Concluons donc :

*Si $h$ est une constante $>2\pi$, on a $\rho_n>h(2n-1)^2$ pour une infinité de valeurs de $n$.* Autrement dit, *le nombre des racines réelles d'ordre impair de $\rho(t)$, de valeur absolue $<\mathrm{T}$, surpasse $\sqrt{\frac{\mathrm{T}}{h}}$ pour des valeurs convenables de* T *aussi grandes qu'on le veut.*

Cette méthode ne s'applique pas à toutes les fonctions qui interviennent dans l'étude de la progression arithmétique. Je me propose d'indiquer, dans une Note ultérieure, les résultats auxquels on aboutit quand on introduit à la place de $\varphi(t)$ un développement trigonométrique. Ces résultats compléteront les précédents et s'appliqueront à tous les cas.

ASTRONOMIE. — *Avantages des cercles à la fois mobiles et à multiple origine.* Note [1] de M. A. VERSCHAFFEL.

Une Note a été publiée dans les *Comptes rendus*, t. 162, 1916, p. 935, sur la possibilité d'avoir sur un cercle divisé étudié plusieurs traits (autant qu'on a de paires de microscopes installés sur le cercle), sans erreur.

---

[1] Séance du 16 octobre 1916.

J'exprimai à la fin de cette Note, en une simple ligne, le vœu de voir les constructeurs dans la possibilité de fournir aux astronomes des cercles mobiles.

Je voudrais dans la présente Note mettre en évidence, avec quelques détails, les avantages d'un cercle mobile et à la fois étudié sur une multiple origine. Les deux conditions se combinent heureusement.

Un cercle à multiple origine sans erreur présente de sérieux avantages dans diverses opérations astronomiques; mais son privilège se limite à une seule direction s'il est fixe. S'il peut être tourné autour de son axe sans difficulté et sans rien perdre par ailleurs, ses avantages peuvent être utilisés toutes les fois qu'il y a des opérations à faire pour lesquelles on désire la plus haute précision.

On a déjà fait usage de cercles mobiles dans les déterminations de latitude et d'azimut sous les noms d'instruments de *répétition* et de *réitération*. On en trouve un exemple bien exposé, dans le Tome VIII des *Annales de l'Observatoire de Paris*, par Yvon Villarceau.

Je ne connais pas de grands instruments, de cercles méridiens, qui jouissent de cette faculté. C'est regrettable.

Prenons un problème purement astronomique : la détermination de la déclinaison d'une étoile $x$ avec un cercle méridien en utilisant $n$ étoiles de comparaison, $a$, $b$, $c$, ..., $n$.

L'observation d'une étoile en déclinaison comporte un grand nombre de causes d'erreur; la seule énumération en serait longue. On ne considérera ici que l'erreur finale qui découle des erreurs des traits. Les formules seront ainsi plus simples.

I. On suppose le cercle fixe et étudié à une origine unique.

Le cercle étant fixe, il faut prévoir que chaque étoile sera observée à un trait particulier :

L'étoile $x$ sera observée au trait $T_x$, dont l'erreur est $e'$;
L'étoile $a$ sera observée au trait $T_a$, dont l'erreur est $e$;
L'étoile $b$ sera observée au trait $T_b$, dont l'erreur est $e$;
L'étoile $c$ sera observée au trait $T_c$, dont l'erreur est $e$;
.......................................................;
L'étoile $n$ sera observée au trait $T_n$, dont l'erreur est $e$.

Il est naturel de supposer, *a priori*, que les traits employés ont tous une même erreur moyenne, la même en grandeur. On a cependant accentué l'erreur du trait $T_x$ parce que ce trait joue un rôle spécial.

Le cercle étant fixe, l'étoile $x$ sera toujours lue sur le même trait $T_x$, affecté de l'erreur $e'$. Si l'on fait $n$ pointés sur cette étoile, dans la moyenne des $n$ résultats, les erreurs de lecture et d'autres se compenseront plus ou moins, mais la moyenne restera toujours affectée de l'erreur entière du trait, soit $e'$, qui devient ici une erreur systématique.

Les $n$ étoiles de comparaison seront lues, si on les choisit bien, sur $n$ traits différents. L'erreur de la moyenne des $n$ erreurs du trait sera $\frac{e}{\sqrt{n}}$.

La déclinaison vraie d'une étoile $x$, $\mathcal{D}_x$, se déduit d'une étoile de comparaison, ou d'un système d'étoiles de comparaison, d'après la formule suivante :

$$(1) \qquad \mathcal{D}_x = \mathcal{D}_y + \text{lect}_x - \text{lect}_y.$$

$\mathcal{D}_x$ est la déclinaison cherchée ; $\mathcal{D}_y$, la déclinaison connue soit d'une étoile ou d'un système d'étoiles ; $\text{lect}_x$ est la lecture, corrigée autant que possible, faite sur l'étoile $x$ ; $\text{lect}_y$ est la lecture, corrigée autant que possible, du système de comparaison.

Nous savons que la lecture $x$ est affectée d'une erreur $e'$ et la lecture $y$, d'une erreur $\frac{e}{\sqrt{n}}$, système de $n$ étoiles.

Ajoutons ces erreurs dans l'équation (1) et il vient

$$(2) \qquad \mathcal{D}'_x = \mathcal{D}_y + \text{lect}_x + e' - \left(\text{lect}_y + \frac{e}{\sqrt{n}}\right).$$

Nous avons la déclinaison vraie dans l'équation (1).

Faisons les différences des deux valeurs, nous aurons l'erreur de $\mathcal{D}'_x$ :

$$(2) - (1) = e' - \frac{e}{\sqrt{n}}.$$

Nous savons par les principes de probabilité que la combinaison de ces deux erreurs a pour expression

$$(3) \qquad \mathbf{E} = \sqrt{e'^2 + \frac{e_2}{n}}.$$

C'est l'erreur qui affectera la déclinaison conclue $\mathcal{D}'_x$. On voit qu'elle ne saurait être inférieure à $e'$.

II. Le cercle est supposé mobile. L'étoile $x$ pourra être lue à $n$ traits différents.

L'erreur de la moyenne des $n$ lectures faites sur les $n$ traits sera $\frac{e'}{\sqrt{n}}$.

Nous trouvons, en opérant comme ci-dessus, que dans le cas présent $\mathbb{D}'_x$ est atteinte des deux erreurs $\frac{e'}{\sqrt{n}}$ et $\frac{e}{\sqrt{n}}$, dont la valeur est donnée par l'expression

$$(4) \qquad E' = \sqrt{\frac{e'^2 + e^2}{n}}.$$

III. Si nous avons un cercle mobile à multiple origine sans erreur, et si cette origine est orientée dans les $n$ observations de l'étoile $x$ sur cette étoile, l'erreur $e'$ disparaît entièrement, et l'erreur de la déclinaison $\mathbb{D}'x$ conclue devient

$$(5) \qquad E'' = \frac{e}{\sqrt{n}}.$$

Si, dans les équations (2), (3) et (4), nous substituons une valeur numérique plausible à $e'$ et $e$, par exemple $0'',3$, pour l'une comme pour l'autre (il n'y a aucune raison pour leur attribuer des valeurs différentes), et si, avec cette substitution, nous mettons $n = 20$, il vient :

Pour (3), $E = 0'',307$, avec cercle fixe;
Pour (4), $E' = 0'',095$, avec cercle mobile étudié à une origine;
Pour (5), $E'' = 0'',067$, avec cercle mobile étudié avec multiple origine.

On voit le grand avantage du cercle mobile dans la diminution rapide de l'erreur probable E, qui est $0'',307$ avec un cercle fixe, et tombe à $0'',095$ avec un cercle mobile.

On voit encore que, même avec un cercle mobile, une multiple origine sans erreur conserve de sérieux avantages; l'erreur tombe de $0'',095$ à $0'',067$.

IV. Il y a une méthode possible et fort avantageuse dans l'emploi d'un cercle mobile que je n'ai vue indiquée nulle part.

Je vais l'exposer rapidement par un exemple.

Je supposerai, pour faire la démonstration des avantages, qu'on dispose d'un cercle mobile étudié à multiple origine.

Prenons encore le même problème à résoudre :

Déterminer la déclinaison $\mathbb{D}x$ d'une étoile $x$ au moyen de $n$ étoiles de comparaison affectées d'erreurs de position, mais que nous négligeons tou-

jours pour ne considérer que les erreurs des traits. Nous pourrions supposer ici encore que la même erreur de trait affecte toutes les étoiles de comparaison. Nous distinguerons néanmoins chaque erreur par un indice pour plus d'évidence.

Je supposerai une succession d'observations qu'on n'est nullement obligé de suivre.

1[re] *détermination.* — Observons d'abord l'étoile $x$ en dirigeant sur elle l'origine sans erreur du cercle dont nous disposons. Soit $T_0$ cette origine.

Observons une étoile de comparaison, l'étoile $a$, sur le trait $T_a$, affecté de l'erreur $e_a$.

2[e] *détermination.* — Observons l'étoile $x$ sur le trait $T_a$ affecté de l'erreur $e_a$, et une deuxième étoile de comparaison, soit l'étoile $b$, sur le trait $T_b$ affecté d'une erreur $e_b$.

3[e] *détermination.* — Observons l'étoile $x$ sur le trait $T_b$ affecté de l'erreur $e_b$, et la troisième étoile de comparaison $c$, sur le trait $T_c$ affecté de l'erreur $e_c$.

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

$n^{\text{ième}}$ *détermination.* — Observons enfin l'étoile $x$ sur le trait $T_{n-1}$ affecté de l'erreur $e_{n-1}$, et la $n^{\text{ième}}$ étoile de comparaison, sur le trait $T_n$, affecté d'une erreur $e_n$.

Écrivons, d'après l'équation (1), les $n$ déterminations de la déclinaison $\mathfrak{D}x$ que nous venons d'indiquer, mais en portant dans ces équations les erreurs que nous savons devoir être commises.

La première détermination de $\mathfrak{D}x$ par l'étoile $a$ et les traits $T_0$ et $T_a$ donne

$\mathfrak{D}'x = \mathfrak{D}a + \text{lect}_0 - (\text{lect}_a + e_a)$, d'où l'erreur . . . . . . . . . . . . . . . . . $-e_a$

La deuxième détermination sur les traits $T_a$ et $T_b$ :

$\mathfrak{D}''x = \mathfrak{D}b + \text{lect}_a + e_a - (\text{lect}_b + e_b)$, d'où les erreurs . . . . . . . . . . $+e_a - e_b$

La troisième opération sur les traits $T_b$ et $T_c$ donnera

$\mathfrak{D}'''x = \mathfrak{D}c + \text{lect}_b + e_b - (\text{lect}_c + e_c)$, d'où les erreurs . . . . . . . . . . . $+e_b - e_c$

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

La $n^{\text{ième}}$ détermination sur les traits $T_{n-1}$ et $T_n$ donnera

$\mathfrak{D}^n x = \mathfrak{D}n + \text{lect}_{n-1} + e_{n-1} - (\text{lect}_n + e_n)$, d'où les erreurs . . . . . . $+e_{n-1} - e_n$

La somme des erreurs se réduit à . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . $-e_n$

Nous avons compensé toutes les erreurs des traits, une seule exceptée. Mais nous avons $n$ déterminations avec seulement une somme d'erreurs $e_n$, l'erreur de la moyenne des $n$ déterminations sera

$$E''' = \frac{e_n}{n}. \tag{6}$$

Si nous substituons à $e$ et $n$ les valeurs supposées plus haut $0'',3$ et $20$, il vient

$$E''' = 0'',015. \tag{6'}$$

L'erreur la plus réduite trouvée antérieurement, (5) $E''$, était $0'',067$. $E'''$ n'est plus que les $\frac{15}{67}$ de $E''$. Le bénéfice est énorme.

L'ordre suivi dans les observations n'a rien d'essentiel. L'important est que l'étoile à étudier soit observée autant que possible aux traits sur lesquels les étoiles de comparaison sont observées.

On peut toujours observer l'étoile à étudier aux $n$ traits auxquels on observe les étoiles de comparaison $-1$. Exceptionnellement on pourrait observer l'étoile $x$ aux $n$ traits auxquels on a observé les $n$ étoiles de comparaison. Si l'on trouvait une étoile $n$ dont la déclinaison fût égale à $\mathbb{D}_x - \mathbb{D}_{n-1}$, l'étoile $\mathbb{D}_n$ tomberait sur le trait $T_0$ sans erreur. L'erreur des traits dans la dernière détermination se réduirait à $e_{n-1}$. La somme d'erreurs des $n$ opérations se réduirait à $0$ et, naturellement, l'erreur de la moyenne des $n$ déterminations serait

$$E^{IV} = 0. \tag{7}$$

Sans doute, les erreurs des traits ne sont qu'une des causes qui vicient les déterminations des déclinaisons. La diminution de ces erreurs est cependant de nature à améliorer, avec le temps, les positions des étoiles de comparaison et agit ainsi doublement.

Nous pouvons donc conclure, sans hésitation, qu'il est du plus grand intérêt pour l'Astronomie d'avoir des cercles mobiles étudiés avec une multiple origine.

Mais la dette de reconnaissance des astronomes envers les constructeurs grandirait encore si les constructeurs pouvaient, en même temps qu'ils fourniraient des cercles mobiles, rendre ces cercles parfaitement équilibrés sous l'action de la pesanteur et exempts de tassements irréguliers.

Les cercles parfaitement équilibrés sous l'action de la pesanteur n'ont besoin que d'une faible pression pour être fixés sur l'axe d'une manière

invariable, aucune force ne cherchant alors à les faire tourner autour de l'axe. Cette faible pression, nécessaire pour les fixer, ne les déformera pas.

Il est à remarquer que les seuls mouvements à craindre sont les mouvements de rotation inopportune. Ils me paraissent les plus faciles à éviter. Un léger changement dans le centrage n'aurait pas d'inconvénient si on lit toujours deux microscopes opposés et, *a fortiori*, si on lit tous les microscopes dont le cercle est muni, comme la haute précision que nous voulons atteindre le prescrit indubitablement.

## CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° 1468 *estrellas del preliminary general Catalogue de* Boss, *cuyas posiciones aparentes figuran en las principales efemérides astronómicas. Lista redactada por* D. Ignacio Tarazona Blanch. (Présenté par M. G. Bigourdan.)

2° *La teoria atomistica e Sebastiano Basso, con notizie e considerazioni su William Higgins,* par Icilio Guareschi. (Présenté par M. A. Haller.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Les séries trigonométriques et les moyennes de Cesàro.* Note de M. **W.-H. Young**, présentée par M. Émile Picard.

Le succès obtenu par les moyennes de Cesàro dans la théorie des séries de Fourier semble tenir de la nature même de ces séries. Demandons, par exemple, un critérium qu'une série trigonométrique soit une série de Fourier d'une fonction dont la $(1+p)^{\text{ième}}$ puissance soit sommable, $(0<p)$ : la condition suffisante et nécessaire est que

$$\int_{-\pi}^{\pi}[f_n(x)]^{1+p}\,dx$$

soit bornée, quand $n$ croît indéfiniment, $f_n(x)$ étant la $n^{\text{ième}}$ moyenne de Cesàro, indice 1, c'est-à-dire la moyenne arithmétique des $n$ premières sommes de la série. Ou bien, poursuivons la voie ouverte par Riemann, et nous arriverons à des théorèmes tels que le suivant :

*Si les limites supérieure et inférieure d'indétermination des moyennes de Cesàro, indice* $\leqq 1$, *d'une série trigonométrique, dont les coefficients convergent vers zéro, sont sommables, et partout finies sauf aux points d'un ensemble sans parties parfaites, la série est une série de Fourier.*

On trouve aussi que la convergence par les moyennes de Cesàro d'une série de Fourier résulte de conditions beaucoup moins strictes que ne demande la convergence ordinaire. Après M. Fejér, M. Lebesgue et d'autres géomètres se sont occupés de ces questions. Je me propose de faire ici quelques remarques à propos des critériums obtenus.

I. Ils sont liés plutôt aux séries dérivées des séries de Fourier qu'à ces dernières séries elles-mêmes. Ceci résulte du théorème, facilement démontré, que *la convergence* (C$p$) ([1]) *de sa* $p^{\text{ième}}$ *série dérivée d'une série de Fourier dans un point* $x$, *ne dépend que des valeurs de la fonction dans le voisinage de ce point.* Ainsi, en tenant compte de ce fait, les procédés employés par les auteurs cités conduisent à des extensions bien sensibles de leurs théorèmes.

II. Pour obtenir ces critériums, la méthode à employer n'est pas la méthode directe. Il vaut mieux, comme je l'ai remarqué il y a quelques années, les déduire des conditions de convergence ordinaire des séries de Fourier. On obtient en effet des critériums pour la convergence (C$p$) de la $p^{\text{ième}}$ série dérivée de la série de Fourier de $f(x)$, comme conséquence immédiate des conditions de convergence ordinaire au point $u = 0$ de la série de Fourier d'une fonction auxiliaire,

$$\varphi_1(u) = \frac{[f(x+u) - f(x-u)]}{u},$$

pour la première,

$$\Phi_2(u) = \left[\frac{f(x+u) + f(x-u) - 2f(x)}{u^2}\right]$$

pour la seconde dérivée, et ainsi de suite.

Comme exemple des théorèmes ainsi obtenus, prenons le suivant :

*La première série dérivée de la série de Fourier de* $f(x)$ *converge* ($C_1$) *dans un point* $x$ *où* $f(x)$ *possède une dérivée généralisée, pourvu que dans un voisinage de* $u = 0$, *aussi petit que l'on veut,*

$$\frac{1}{u}\int_0^u \left| d[f(x+u) - f(x-u)] \right|$$

([1]) (C$p$) signifie, par les moyennes de Cesàro, indice $p$.

*soit bornée*. Ou bien, *la seconde série dérivée converge* $(C_2)$ *dans un point* $x$ *où* $f(x)$ *possède une seconde dérivée généralisée, pourvu que*

$$\frac{1}{u}\int_0^u \left\{\frac{d[f(x+u)+f(x-u)-2f(x)]}{u}\right\}$$

*soit bornée dans un tel voisinage*.

Pour la démonstration on emploie une légère extension du théorème que j'ai donné le 21 août dernier [1].

Ces résultats contiennent plusieurs cas spéciaux intéressants, entre autres ceux de MM. Fejér et Lebesgue, et celui où les nombres dérivés de $f(x)$ sont continus au point considéré. D'autre part, le premier des deux résultats nous donne la réponse affirmative pour une fonction bornée $\varphi(x)$ à la question posée par M. Lebesgue à propos de la convergence $(C_1)$ de la série de Fourier de $\varphi(x)$. On en conclut, en effet, que *si, dans un intervalle* $(a, b)$, $f(x)$ *est l'intégrale d'une fonction bornée* $\varphi(x)$, *la première série dérivée de la série de Fourier de* $f(x)$ *converge* $(C_1)$ *dans chaque point* $x$ *de* $(a, b)$ *où* $f(x)$ *possède une dérivée*. Par contre, le résultat actuellement obtenu par M. Lebesgue, où $(C_2)$ remplace $(C_1)$, rentre dans un corollaire analogue au second des deux résultats.

Nous signalerons un corollaire d'un autre genre, qui généralise le théorème de M. Lebesgue, qu'une série de Fourier converge $(C_1)$ presque partout :

*La première série dérivée de la série de Fourier d'une fonction qui est une intégrale dans un intervalle quelconque* $(a, b)$ *converge* $(C_1)$ *presque partout en* $(a, b)$.

III. Si la fonction $f(x)$ est à variation bornée, il est permis d'écrire $(C, p-1+k)$ au lieu de $(Cp)$ dans le théorème cité sous (I), $k$ étant une quantité positive quelconque, $(0 < k)$. Nous arrivons donc dans la majorité des cas à faire la modification correspondante en (II), e. g. dans les exemples cités.

IV. Cependant ce n'est que très exceptionnellement que la $p^{\text{ième}}$ série dérivée converge $(C, p-1)$. Pour cela, il faudrait des conditions exceptionnelles. Mais de tels cas existent et ne sont pas sans intérêt. Pour le voir il suffit de prendre $p = 1$ ; *la première série dérivée de la série de Fourier d'une fonction* $f(x)$ *paire, qui est une intégrale sauf à l'origine, converge* $(C0)$,

---

(1) *Comptes rendus*, t. 163, 1916, p. 187.

*c'est-à-dire ordinairement, au point $x (x \gtrless 0)$, si*

$$(1a) \qquad \lim_{u=0} uf'(u) = 0 \quad \text{et} \quad \lim_{u=0} \frac{1}{u}\int_0^u d[u^2 f'(x)] = 0,$$

*ou bien*

$$(1b) \qquad f(u) - \frac{1}{u}\int_0^u f(u)\,du$$

*est une intégrale, qui converge vers zéro quand u s'approche de zéro; supposant remplie une condition (2) quelconque qui nécessite la convergence ordinaire au point x de la série de Fourier d'une fonction sommable égale à $f'(x)$ presque partout dans le voisinage du point x considéré.*

V. Si au lieu d'un point unique on envisage un intervalle de valeurs $x$, la convergence signalée devient uniforme, si la série auxiliaire converge uniformément. Ainsi, on généralise facilement les théorèmes sur l'intégration terme à terme. On aura, par exemple, le suivant :

*La première série dérivée de la série de Fourier de $f(x)$ multipliée par $g(x)$, et intégrée terme à terme de a jusqu'à b, converge (C1) vers $\int_a^b g(x)\frac{df}{dx}dx$ pourvu qu'une des conditions suivantes soit remplies :*

*1° $g(x)$ est bornée et $f(x)$ sommable, ou vice versa ;*

*2° $[g(x)]^{1+q}$ et $[f(x)]^{1+\frac{1}{q}}$ sont sommables $(0 < q)$.*

VI. Remarquons aussi que la série de Fourier d'une fonction à variation bornée converge $(C, k-1)$ en chaque point $(0 < k)$, et que, si la fonction est une intégrale, on aura même $(0 \leqq k)$.

VII. En conclusion, c'est à signaler qu'il y a une théorie analogue, où la série alliée remplace la série de Fourier.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les séries à termes positifs et sur les fonctions dérivées.* Note de M. D. **Pompeiu**, présentée par M. Appell.

1. Soit

$$(1) \qquad s = a_0 + a_1 + \ldots + a_n + \ldots$$

une série à termes positifs, que je suppose convergente. Je pose

$$s_n = a_0 + a_1 + \ldots + a_{n-1},$$
$$r_n = a_n + a_{n+1} + \ldots,$$

et je forme le rapport

$$\rho_n = \frac{a_n}{r_n} = \frac{a_n}{a_n + a_{n+1} + \ldots} \qquad (0 < \rho_n < 1).$$

Lorsqu'on fait tendre $n$ vers l'infini les nombres $\rho_n$ formant un ensemble borné, cet ensemble admet au moins un élément limite $\rho$. Si ce nombre limite est *unique*, nous dirons que la convergence de la série (1) est *régulière*.

Dans le cas de la convergence régulière le nombre $\rho$ peut servir comme une indication relative à la rapidité de la convergence : des exemples simples

$$e = 1 + \sum_1^\infty \frac{1}{n!}, \qquad \frac{1}{1-\theta} = \sum_0^\infty \theta^n \qquad (\theta < 1), \qquad 1 = \sum_1^\infty \frac{1}{n(n+1)}$$

pourront illustrer cette remarque.

On peut appeler, dans le cas où $\rho = 0$, la convergence de (1) *extrêmement faible* et, dans le cas où $\rho = 1$, convergence *extrêmement forte*.

Sans insister davantage sur les indications qu'on peut tirer du nombre $\rho$ relativement à la convergence de (1), je me propose de montrer comment la notion de convergence extrêmement faible s'introduit dans une question concernant les fonctions dérivées.

2. On sait qu'une fonction dérivée est, en général, discontinue. Des propriétés intéressantes de ces fonctions ont été mises en évidence par MM. Darboux, Baire, Lebesgue, etc. Mais on ne connaît pas, à ce que je sais, un système simple de conditions pour exprimer, d'une façon nécessaire et suffisante, qu'une fonction discontinue donnée est une fonction dérivée. On a, il est vrai, un procédé régulier de calcul permettant de reconnaître si la fonction donnée $f(x)$ est, ou non, une dérivée : c'est une recherche de limite pour une certaine expression (¹). Mais ce procédé de calcul exprime plutôt une condition théorique et il est toujours intéressant de pouvoir la transformer en une condition de caractère plus pratique. C'est pourquoi j'espère que l'exemple précis que je vais considérer ici pourra présenter quelque intérêt.

Je prends le cas simple d'un seul point de discontinuité et, pour la simplicité aussi, je placerai cette discontinuité à l'extrémité $b$ de l'intervalle $(a, b)$ où $f(x)$ se trouve définie. Ainsi $f(x)$ est continue en $a$ et

(¹) Voir LEBESGUE, *Leçons sur l'intégration*, p. 82.

aussi dans l'intérieur de $(a, b)$, mais elle possède une discontinuité en $b$.

Pour voir si en $b$ on peut attribuer à $f(x)$ une valeur telle que l'intégrale indéfinie de $f(x)$ admette cette valeur comme dérivée en $b$, on calcule la fonction intégrale

$$F(\xi) = \int_a^\xi f(x)\,dx \qquad (a \leqq \xi \leqq b)$$

et l'on forme l'expression

$$\frac{F(\xi) - F(b)}{\xi - b} = \frac{1}{\xi - b}\int_\xi^b f(x)\,dx.$$

Si cette expression tend vers une limite bien déterminée lorsque $\xi$ tend vers $b$, alors $F(x)$ admet en $b$ une dérivée (à gauche) et l'on attribue cette valeur limite à $f(x)$ au point $b$.

3. Cela rappelé, je vais considérer un exemple précis : Adoptant une figuration géométrique, je marque sur l'axe $Ox$ les points A et B pour représenter les extrémités $a$ et $b$ de l'intervalle $(a, b)$. Dans cet intervalle $(a, b)$ je prends une suite croissante de nombres

$$(2) \qquad b_1, b_2, \ldots, b_n, \ldots$$

admettant $b$ comme nombre limite et je marque sur $Ox$ les points $B_1, B_2, \ldots$ correspondant aux nombres de la suite (2). Sur chacun des segments $B_n B_{n+1}$ pris comme base je construis un triangle isoscèle $B_n C_n B_{n+1}$, de hauteur constante $h$. La ligne polygonale $ACB_1 C_1 B_2 \ldots$ représente une fonction $f(x)$ qui possède une seule discontinuité : en $b$.

A quelle condition cette fonction $f(x)$ est-elle une dérivée, même au point de discontinuité $b$ (où, dans le cas affirmatif, il faudra lui attribuer la valeur dont il est question au numéro précédent)?

Si je pose

$$b_n - b_{n-1} = \beta_n \qquad \text{et} \qquad b_1 - a = \beta_1,$$

la condition cherchée s'exprime comme il suit :

*Il faut et il suffit que la convergence de la série*

$$b - a = \sum_1^\infty \beta_n$$

*soit extrêmement faible.*

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur l'unicité du développement trigonométrique.* Note de M. D. **Menchoff**, présentée par M. Hadamard.

Dans la présente Note je me propose de démontrer l'existence d'une série trigonométrique à une infinité de coefficients non nuls qui converge uniformément vers zéro dans $(0, 2\pi)$, sauf sur un ensemble parfait *de mesure nulle*.

D'abord nous avons besoin du lemme suivant :

Lemme. — *Il existe une fonction* $\mathcal{F}(x)$, *non identique à une constante absolue, continue dans* $(0, 2\pi)$, *constante dans chaque intervalle contigu à un ensemble parfait* P de mesure nulle, *pour laquelle on a*

$$\lim_{n=\infty} n \int_0^{2\pi} \mathcal{F}(\alpha) \cos n(\alpha - x)\, d\alpha = 0$$

*uniformément dans* $(0 \leqq x \leqq 2\pi)$.

Nous commençons par définir l'ensemble parfait P. Dans le procédé de définition de P, excluons d'abord dans le domaine $(0, 2\pi)$ un intervalle concentrique dont la longueur est la moitié. A la seconde opération, excluons dans chacun des deux intervalles restants un intervalle concentrique dont la longueur est le tiers. A la $k^{\text{ième}}$ opération, excluons dans chacun des $2^{k-1}$ intervalles restants un intervalle concentrique dont la longueur est $\frac{1}{k+1}$ de sa longueur, et ainsi de suite. La longueur totale des intervalles conservés après la $k^{\text{ième}}$ opération est égale à $\frac{2\pi}{k+1}$. Donc, en continuant ainsi, nous formerons un ensemble parfait P *de mesure nulle*.

Soit $S_k$ le système des intervalles (en nombre $2^k - 1$) enlevés par les $k$ premières opérations. Numérotons ces intervalles d'après la croissance de leurs extrémités gauches : $\delta_1, \delta_2, \delta_3, \ldots, \delta_{2^k-1}$. Soit $g_k(x)$ une fonction continue définie dans $(0, 2\pi)$ par les conditions suivantes : $g_k(0) = g_k(2\pi) = 0$; $g_k(x) = \frac{l}{2^{k-1}}$ pour $x \leqq \pi$ situé dans $\delta_l$; $g_k(x) = \frac{2^k - l}{2^{k-1}}$ pour $x \geqq \pi$ situé dans $\delta_l$; $g_k(x)$ varie linéairement en dehors de $S_k$. La fonction $g_k(x)$ sera représentée géométriquement par une ligne brisée de $2^{k+1} - 1$ côtés.

D'après uu calcul élémentaire, nous aurons les propriétés suivantes de la fonction $g_k(x)$ :

1° $g_{k+1}(x) = g_k(x)$ dans le système $S_k$;

2° $|g_{k+1}(x) - g_k(x)| \leqq \frac{1}{2^k(k+2)}$ uniformément dans $(0, 2\pi)$;

3° $g'_k(x) = 0$ dans le système $S_k$;

4° $g'_k(x) = \pm \frac{k+1}{\pi}$ en dehors de $S_k$, en prenant le signe + pour $x < \pi$ et le signe − pour $x > \pi$.

Nous en conclurons, d'après la propriété 2°, que les fonctions $g_1(x)$, $g_2(x)$, ..., $g_k(x)$, ... tendent uniformément vers une fonction limite $\mathcal{f}(x)$ continue dans $(0, 2\pi)$ qui est constante dans chacun des intervalles contigus à P et qui n'est pas constante dans le domaine total $(0, 2\pi)$, puisque $\mathcal{f}(0) = 0$ et $\mathcal{f}(\pi) = 1$.

Nous allons démontrer que cette fonction $\mathcal{f}(x)$ vérifie l'énoncé du lemme proposé.

Donnons-nous un entier positif $n$. Soit $k$ un entier positif tel que $2^{k-1} \leqq n < 2^k$. Nous avons

$$(1)\quad n\int_0^{2\pi} \mathcal{f}(\alpha)\cos n(\alpha - x)\,d\alpha = n\int_0^{2\pi} [\mathcal{f}(\alpha) - g_k(\alpha)]\cos n(\alpha - x)\,d\alpha + n\int_0^{2\pi} g_k(\alpha)\cos n(\alpha - x)\,d\alpha = \mathfrak{I}_1 + \mathfrak{I}_2.$$

D'après la propriété 2°, nous avons $|\mathcal{f}(x) - g_k(x)| < \frac{1}{2^{k-1}k}$ uniformément dans $(0, 2\pi)$, d'où

$$(2)\quad |\mathfrak{I}_1| < \frac{C'}{\log n},$$

C′ étant une constante absolue. Pour l'intégrale $\mathfrak{I}_2$ nous avons

$$\mathfrak{I}_2 = -\int_0^{2\pi} g'_k(\alpha)\sin n(\alpha - x)\,d\alpha.$$

Soit $p_k = \mathrm{E}\left[k - \sqrt{k}\right]$. Définissons les deux fonctions $\Psi_k(x)$ et $\chi_k(x)$ par les fonctions suivantes : $\Psi_k(x) = 0$ dans le système $S_{p_k}$ et $\Psi_k(x) = \pm\frac{k+1}{\pi}$ en dehors de $S_{p_k}$, en prenant le signe + pour $x < \pi$ et le signe − pour $x > \pi$; $\chi_k(x) = \mp\frac{k+1}{\pi}$ dans les intervalles de la différence $S_k - S_{p_k}$ des systèmes $S_k$ et $S_{p_k}$, en prenant le signe − pour $x < \pi$ et le signe + pour $x > \pi$, et $\chi_k(x) = 0$ en dehors de $S_k - S_{p_k}$. Nous avons identiquement $g_k(x) = \Psi_k(x) + \chi_k(x)$, d'où

$$(3)\quad -\mathfrak{I}_2 = \int_0^{2\pi} \Psi_k(\alpha)\sin n(\alpha - x)\,d\alpha + \int_0^{2\pi} \chi_k(\alpha)\sin n(\alpha - x)\,d\alpha = \mathfrak{I}_3 + \mathfrak{I}_4.$$

En désignant par $(a, b)$ un intervalle contigu au système $S_{p_k}$, nous trouvons

$$|\mathfrak{Z}_3| \leqq \frac{k+1}{\pi} \sum \left| \int_a^b \sin n(\alpha - x)\, d\alpha \right| \leqq \frac{k+1}{\pi} \sum \frac{2}{n},$$

où la sommation doit être étendue à tous intervalles $(a, b)$ contigus à $S_{p_k}$. Comme ces intervalles $(a, b)$ sont en nombre $2^{p_k}$, nous avons

$$(4) \qquad |\mathfrak{Z}_3| \leqq \frac{k+1}{\pi} \cdot \frac{2}{n} \cdot 2^{p_k} < \frac{C''}{\sqrt{\log n}},$$

où $C''$ est une constante absolue.

Pour l'intégrale $\mathfrak{Z}_4$, nous avons l'inégalité

$$|\mathfrak{Z}_4| < \int_0^{2\pi} |\chi_k(\alpha)|\, d\alpha.$$

Comme la fonction $\chi_k(x)$ diffère de zéro seulement dans les intervalles de $S_k - S_{p_k}$ dont la longueur totale est $\frac{2\pi}{p_k+1} - \frac{2\pi}{k+1}$, on a

$$(5) \qquad |\mathfrak{Z}_4| < \frac{k+1}{\pi} \left( \frac{2\pi}{p_k+1} - \frac{2\pi}{k+1} \right) < \frac{C'''}{\sqrt{\log n}},$$

$C'''$ étant une constante absolue. En combinant d'une part (1) et (2), d'autre part (3), (4) et (5), il vient finalement

$$\left| n \int_0^{\pi 2} \mathfrak{F}(\alpha) \cos n(\alpha - x)\, d\alpha \right| < \frac{C}{\sqrt{\log n}},$$

C étant une constante absolue, ce qui achève la démonstration du lemme.

C. Q. F. D.

Théorème. — *Il existe une série trigométrique uniformément convergente vers zéro dans* (o, $2\pi$), *sauf un ensemble parfait* de mesure nulle, *et possédant une infinité de coefficients non nuls.*

En effet, la série trigonométrique obtenue en dérivant terme à terme la série de Fourier de la fonction continue $\mathfrak{F}(x)$ est sommable par le procédé de Riemann et représente *zéro* en tous les points de tout intervalle $(b, c)$ extérieur à P. En vertu du lemme précédent, les coefficients de cette série trigonométrique *tendent vers zéro* et sont en infinité non nuls, puisque $\mathfrak{F}(x)$ est non analytique dans (o, $2\pi$). Or, d'après le célèbre théorème de Riemann, la convergence au sens ordinaire de la série trigonométrique

dont les coefficients tendent vers zéro, qui représente $f$ quand on lui applique le procédé de Riemann, ne dépend que de la façon dont se comporte $f$ au voisinage du point considéré, ce qui prouve la proposition.

C. Q. F. D.

Corollaire. — *Si une fonction $f(x)$ admet un développement trigonométrique convergent vers elle presque partout, elle admet une infinité de développements trigonométriques de cette nature.*

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Observations du Soleil, faites à l'Observatoire de Lyon, pendant le deuxième trimestre de* 1916. Note de M. J. **Guillaume**, présentée par M. B. Baillaud.

Il y a eu 79 jours d'observations dans ce trimestre, et il en résulte les principaux faits suivants :

*Taches.* — L'augmentation d'activité signalée (1) dans le phénomène des taches a continué : on a, effectivement, enregistré 84 groupes avec une aire totale de 6042 millionièmes, contre 71 groupes et 5184 millionièmes, précédemment.

Dans leur répartition, on a noté 8 groupes en plus au sud de l'équateur (39 au lieu de 31) et 5, en plus également, au nord (45 au lieu de 40).

La latitude moyenne des taches a diminué dans les deux hémisphères : $-17°,9$ au lieu de $-18°,6$, d'une part, et $+16°,4$ au lieu de $+18°,2$, d'autre part.

Le groupe le plus important de ce trimestre :

Mai 26,3 à $-12°$ de latitude,

a été visible à l'œil nu. A la rotation solaire suivante, il était en période de décroissance, et son deuxième passage au méridien central du disque a eu lieu le

Juin 22,2 à $-13°$ de latitude.

*Régions d'activité.* — Le développement des facules a pris beaucoup d'extension pendant ce trimestre : on a, en effet, enregistré 152 groupes avec une surface totale de 158,7 millièmes, au lieu de 113 groupes et 102,9 millièmes.

Cette augmentation a été plus forte presque du double dans l'hémisphère austral (25) avec 74 groupes au lieu de 49, que dans l'hémisphère boréal (14) où l'on a noté 78 groupes au lieu de 64.

(1) *Comptes rendus*, t. 163, 1916, p. 263.

TABLEAU I. — *Taches.*

| Dates extrêmes d'observ. | Nombre d'observations. | Pass. au mér. central | Latitudes moyennes. S. | Latitudes moyennes. N. | Surfaces moyennes réduites. |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Avril. — 0,00. | | | |
| 28-29 | 2 | 2,5 | | +15 | 14 |
| 28- 3 | 6 | 3,1 | −11 | | 21 |
| 29- 4 | 6 | 3,9 | | +18 | 164 |
| 31- 4 | 5 | 4,1 | −18 | | 26 |
| 4 | 1 | 4,3 | | +10 | 43 |
| 10 | 1 | 5,5 | −21 | | 38 |
| 31-11 | 7 | 5,9 | | + 9 | 386 |
| 1- 4 | 4 | 6,5 | | +12 | 202 |
| 10-12 | 3 | 7,3 | −12 | | 26 |
| 4-10 | 2 | 9,7 | | +15 | 28 |
| 10 | 1 | 11,9 | −16 | | 3 |
| 11-16 | 6 | 12,2 | | + 3 | 22 |
| 10 | 1 | 12,6 | | + 9 | 9 |
| 10 | 1 | 13,8 | | +26 | 3 |
| 10-19 | 9 | 14,0 | −19 | | 63 |
| 11-21 | 10 | 15,6 | −20 | | 40 |
| 14-20 | 6 | 18,4 | | +17 | 7 |
| 20-21 | 2 | 22,2 | | +10 | 20 |
| 18-25 | 5 | 23,9 | | +25 | 13 |
| 20-26 | 6 | 25,8 | | +20 | 24 |
| 20- 1 | 12 | 26,6 | | +21 | 100 |
| 20- 2 | 13 | 26,6 | −27 | | 239 |
| 25-29 | 5 | 27,2 | | +19 | 8 |
| 24-26 | 3 | 28,0 | −19 | | 7 |
| 27 | 1 | 28,6 | −12 | | 2 |
| 25- 2 | 8 | 29,2 | −16 | | 61 |
| | 24 j. | | −17°,4 | +15°,3 | |
| | | Mai. — 0,00. | | | |
| 30- 3 | 4 | 1,4 | −17 | | 10 |
| 28- 5 | 8 | 2,0 | | +11 | 41 |
| 3- 5 | 3 | 2,4 | −16 | | 11 |
| 4- 7 | 4 | 4,5 | | +23 | 39 |
| 29-11 | 13 | 5,4 | | +10 | 215 |
| 29-11 | 13 | 5,7 | −15 | | 183 |
| 30-11 | 12 | 6,2 | | +13 | 231 |
| 2- 9 | 8 | 6,9 | | +14 | 44 |
| 3- 6 | 4 | 9,1 | −18 | | 10 |
| 9-12 | 4 | 9,8 | −12 | | 5 |
| 12 | 1 | 11,3 | −23 | | 2 |
| 6-17 | 10 | 12,2 | −20 | | 52 |
| 10-13 | 4 | 12,8 | −22 | | 10 |
| 11-21 | 9 | 17,1 | −19 | | 23 |
| 13-24 | 10 | 18,8 | | +25 | 34 |
| 16-18 | 3 | 20,6 | | + 8 | 7 |
| 16-19 | 4 | 21,5 | | +27 | 21 |
| | | Mai (suite). | | | |
| 18-19 | 2 | 22,8 | −26 | | 6 |
| 19-25 | 7 | 23,3 | | +13 | 53 |
| 20-31 | 10 | 25,7 | | +20 | 48 |
| 21- 1 | 10 | 26,3 | −12 | | 872 |
| 21- 1 | 10 | 27,2 | | +12 | 60 |
| 27-31 | 4 | 28,0 | | +14 | 8 |
| 23- 2 | 9 | 28,0 | −16 | | 73 |
| 23-28 | 3 | 28,1 | | + 5 | 6 |
| 25-30 | 4 | 28,2 | −21 | | 16 |
| 27 | 1 | 28,5 | | + 7 | 3 |
| 25- 4 | 4 | 29,3 | | +12 | 14 |
| 27-28 | 2 | 29,7 | −14 | | 3 |
| 4- 6 | 3 | 31,2 | | +12 | 79 |
| | 27 j. | | −17°,9 | +14°,1 | |
| | | Juin. — 0,00. | | | |
| 27- 7 | 10 | 1,5 | | +10 | 128 |
| 30- 1 | 2 | 1,8 | −16 | | 4 |
| 4- 8 | 5 | 2,0 | | +10 | 428 |
| 7- 8 | 2 | 3,7 | −22 | | 14 |
| 5-10 | 3 | 6,6 | −18 | | 9 |
| 10-11 | 2 | 7,7 | −18 | | 4 |
| 11 | 1 | 10,7 | | +24 | 4 |
| 12-13 | 2 | 14,1 | −15 | | 5 |
| 9-15 | 5 | 14,2 | −23 | | 4 |
| 8-20 | 12 | 14,4 | | + 7 | 256 |
| 9-16 | 7 | 15,1 | | + 9 | 43 |
| 18-22 | 5 | 16,4 | | +12 | 53 |
| 19-24 | 6 | 21,4 | | +17 | 35 |
| 15-27 | 12 | 22,2 | −13 | | 375 |
| 25-28 | 4 | 23,2 | −18 | | 36 |
| 18-29 | 13 | 23,6 | | +17 | 216 |
| 22-27 | 2 | 23,8 | −10 | | 2 |
| 20-21 | 2 | 23,9 | −22 | | 4 |
| 23-30 | 8 | 24,4 | −14 | | 124 |
| 19-26 | 8 | 25,2 | | +11 | 56 |
| 22-30 | 9 | 25,7 | | +20 | 18 |
| 24-27 | 3 | 25,8 | −21 | | 6 |
| 21-25 | 5 | 26,0 | | +26 | 20 |
| 21- 3 | 13 | 27,2 | | +13 | 154 |
| 21- 2 | 12 | 27,9 | | +12 | 117 |
| 22-30 | 9 | 28,5 | −20 | | 21 |
| 23- 1 | 9 | 28,7 | | +11 | 143 |
| 2- 5 | 4 | 29,8 | −27 | | 15 |
| | 28 j. | | −18°,4 | +14°,2 | |

TABLEAU II. — *Distribution des taches en latitude.*

| 1916. | Sud. 90°. 40°. | 40°. 30°. | 30°. 20°. | 20°. 10°. | 10°. 0°. | Sud. Somme. | Nord. Somme. | Nord. 0°. 10°. | 10°. 20°. | 20°. 30°. | 30°. 40°. | 40°. 90°. | Totaux mensuels. | Surfaces totales réduites. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Avril....... | » | » | 2 | 9 | » | 11 | 15 | 5 | 7 | 3 | » | » | 26 | 1569 |
| Mai......... | » | » | 4 | 10 | » | 14 | 16 | 4 | 9 | 3 | » | » | 30 | 2179 |
| Juin........ | » | » | 5 | 8 | 1 | 14 | 14 | 4 | 8 | 2 | » | » | 28 | 2294 |
| Totaux.... | » | » | 11 | 27 | 1 | 39 | 45 | 13 | 24 | 8 | » | » | 84 | 6042 |

TABLEAU III. — *Distribution des facules en latitude.*

| 1916. | Sud. 90°. 40°. | 40°. 30°. | 30°. 20°. | 20°. 10°. | 10°. 0°. | Sud. Somme. | Nord. Somme. | Nord. 0°. 10°. | 10°. 20°. | 20°. 30°. | 30°. 40°. | 40°. 90°. | Totaux mensuels. | Surfaces totales réduites. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Avril....... | » | 2 | 9 | 12 | 2 | 25 | 22 | 2 | 11 | 5 | 2 | 2 | 47 | 46,5 |
| Mai......... | 1 | 1 | 13 | 9 | 2 | 26 | 32 | 6 | 15 | 9 | 1 | 1 | 58 | 58,5 |
| Juin........ | » | 1 | 10 | 9 | 3 | 23 | 24 | 4 | 10 | 10 | » | » | 47 | 53,7 |
| Totaux.... | 1 | 4 | 32 | 30 | 7 | 74 | 78 | 12 | 36 | 24 | 3 | 3 | 152 | 158,7 |

HYDRAULIQUE. — *Sur la détermination de la vitesse de propagation a dans les conduites forcées industrielles.* Note [1] de M. C. CAMICHEL.

La détermination de la vitesse de propagation $a$ dans les conduites forcées est une question fondamentale; or toutes les expériences connues paraissent donner une vitesse de propagation notablement supérieure à la valeur théorique, calculée d'après les formules de M. Allievi; je me propose de démontrer, dans cette Note, que cette contradiction provient de la méthode expérimentale employée et qu'elle disparaît si l'on opère avec des précautions convenables. Il est facile de citer des exemples de cette différence entre la vitesse de propagation théorique et la vitesse expérimentale.

Les expériences de l'Ackersand ont donné une période expérimentale inférieure de 4,7 pour 100 à la période calculée. La hauteur de chute était $720^{m}$.

Pour la chute du lac Fully, de $1650^{m}$, la valeur théorique de la période est $15^{s},97$, comme l'a calculé M. de Sparre, tandis que la valeur expérimentale trouvée par M. Boucher est $13^{s},5$.

Les expériences que j'ai faites à l'usine de Soulom (hauteur de chute $125^{m}$) avec M. Eydoux, nous ont donné un résultat analogue; la période propre

(1) Séance du 16 octobre 1916.

d'oscillation de la conduite a été $1^s,36$, tandis que la période théorique était $1^s,46$.

Mais, en revanche, en appliquant, avec M. Eydoux, la méthode ([1]) de la dépression brusque à cette conduite, nous avons trouvé une vitesse concordant avec la vitesse théorique.

Pour expliquer la différence entre la valeur de la période propre trouvée expérimentalement et la valeur théorique de la période, je propose de faire intervenir la constitution de la conduite, en tronçons pour lesquels la vitesse et le diamètre diffèrent; on lira avec intérêt les travaux récents de M. de Sparre ([2]) et de M. Eydoux ([3]) sur cette importante question.

M. de Sparre a étudié le coup de bélier dans une conduite formée de deux sections pour lesquelles la durée de propagation est la même; il considère des périodes $\theta = \frac{2l}{a} = \frac{2l'}{a'}$, $l$ et $l'$ étant les longueurs, $a$ et $a'$ les vitesses pour les deux sections. Il a établi une formule générale qu'il a appliquée à la conduite de Fully. Cette formule,

$$\zeta_n = (-1)^{n-1}\, 130,6 \frac{\cos \frac{2n-1}{2}\beta}{\cos \frac{\beta}{2}}, \text{ avec } \frac{\beta}{2} = 37°35',$$

donne le coup de bélier $\zeta_n$ (à la fin de la $n^{\text{ième}}$ période $\theta$)

$$\theta = \frac{2l}{a} = 3^s,972,$$

valeur adoptée en partant de la formule d'Allievi.

En utilisant cette formule, dans le cas d'une fermeture de 4 secondes, j'ai trouvé les périodes suivantes :

$15^s,2$ $14^s,2$ $13^s,2$ $14^s,2$ $13^s,2$ $14^s,2$ $13^s,4$

En excluant la première période pendant laquelle a lieu la fermeture, la moyenne des six périodes est $13^s,73$, qui diffère peu de la période observée directement par M. Boucher $13^s,5$. La période théorique est $15^s,9$.

On voit donc que la période théorique se trouve supérieure à la période

---

([1]) *Comptes rendus*, t. **161**, 1915, p. 412.

([2]) *Congrès de la Houille blanche de* 1914 (Rapport sur les expériences de Verenon).

([3]) *Comptes rendus*, t. **163**, 1916, p. 265.

expérimentale et que la différence observée entre la période de l'oscillation et la période théorique de la conduite s'explique complètement par la structure de la conduite, formée de tronçons pour lesquels le diamètre et l'épaisseur diffèrent.

On peut en conclure que, pour la détermination, dans les conduites forcées des usines, de la vitesse de propagation $a$, il est inexact d'utiliser, comme on l'a fait jusqu'ici, l'observation de la période d'oscillation, et qu'il est nécessaire d'employer un procédé faisant intervenir une perturbation de courte durée, par exemple la méthode de la dépression brusque. L'utilisation du robinet de vidange des conduites permet, en général, l'application de cette méthode avec la plus grande facilité.

CHIMIE. — *Action chimique du peroxyde de sodium sur l'hydrogène sulfuré.* Note de MM. **C. Zenghelis** et **Stavros Horsch**, présentée par M. Georges Lemoine.

L'action de l'hydrogène sulfuré sur différents peroxydes est bien connue. Les peroxydes de plomb, d'argent et de manganèse s'attaquent le plus vivement en devenant incandescents. Gay-Lussac et Thenard ont examiné la réaction avec le peroxyde de potassium [1]. En le chauffant, il se forme du sulfure avec incandescence.

L'action sur le peroxyde de sodium, d'après ce que nous savons, n'a pas encore été étudiée. Elle est incomparablement plus active. En faisant d'abord passer un courant d'azote dans un tube à combustion contenant le peroxyde dans une nacelle en porcelaine et ensuite un courant d'hydrogène sulfuré, une réaction très vive se produit. La température s'élève beaucoup; le peroxyde devient incandescent et fond. La réaction est encore plus vive si l'on chauffe préalablement le peroxyde. Une petite flamme accompagne alors la réaction et la porcelaine est fortement endommagée.

En présence d'air l'hydrogène sulfuré s'allume. Les produits dépendent beaucoup des conditions de la réaction. Ils sont différents si la réaction se fait en présence d'une grande ou d'une petite quantité d'air, en l'absence d'air, après un chauffage préalable ou non du peroxyde, etc.

L'hydrogène brûle toujours en formant de l'eau qui à son tour peut attaquer partiellement le peroxyde et la réaction devient très compliquée.

---

[1] *Gmelin-Kraut Handb.*, t. II, 1, p. 23.

Quant au soufre, si la réaction a lieu dans une atmosphère d'azote, il se combine avec le sodium pour former des sulfures et des polysulfures. Une petite quantité de sulfure s'oxyde en formant du thiosulfate et du sulfate par l'oxygène dégagé du peroxyde de sodium. Si le courant d'hydrogène est assez fort, une petite quantité de soufre apparaît sur les parois du tube. Si la réaction se fait au contact d'une quantité considérable d'air, par exemple en faisant l'attaque du peroxyde de sodium dans une capsule de porcelaine couverte par un large cylindre en verre et en faisant arriver par en bas un courant d'hydrogène sulfuré, une forte détonation se produit; du sulfate et du soufre libre se déposent, tandis qu'il ne se forme presque point de sulfure.

Après avoir essayé différents procédés proposés pour l'analyse des mélanges de sulfures et polysulfures, de thiosulfates et de sulfates, nous avons séparé les premiers par le nitrate de cadmium; nous nous en sommes servis à la place du carbonate parce que, dans cette dernière réaction, en même temps que le sulfure de cadmium, une petite quantité de soufre se précipite sous forme de lait de soufre. Le thiosulfate était déterminé iodométriquement. Le peroxyde de sodium employé, titré avec le permanganate de potasse, donna en moyenne une teneur de 71 pour 100 en peroxyde.

Les résultats analytiques sont les suivants :

| | I. | II. |
|---|---|---|
| Poids du peroxyde | 0g,8457 | 0g,5835 |
| Soufre total | 0,2583 | 0,1577 |
| Soufre à l'état de sulfure | 0,2030 ($Na^2S$ = 0g,4448) | 0,1159 (sulfure et polysulfure) |
| » » de polysulfure | 0,0361 ($Na^2S^2$ = 0,0620) | |
| » » de thiosulfate | 0,0060 ($Na^2S^2O^3$ = 0,0148) | 0,0060 |
| » » de sulfate | 0,0532 ($Na^2SO^4$ = 0,2347) | 0,0368 (1) |
| Poids de porcelaine attaquée | 0,0532 | 0,0273 |

Quand la réaction est très forte, ce qui arrive avec un courant assez fort d'hydrogène sulfuré, ou en chauffant préalablement le peroxyde, la température s'élève beaucoup et le fond de la nacelle en porcelaine ou le tube en verre dans lesquels la réaction s'accomplit sont fortement attaqués. Le produit aux points d'attaque prend une coloration bleu verdâtre, due à la petite quantité du fer contenu dans la porcelaine ou le verre, qui se transforme en polysulfure ayant cette couleur. En remplaçant la porcelaine par une lame

(1) $Na^2SO^4$ = 0g,1635.

de platine, cette coloration n'apparaît pas, notre peroxyde étant exempt de fer. Le platine s'unit au soufre avec un phénomène lumineux. Cette réaction des sels de fer est beaucoup plus sensible que toute autre connue.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Perturbations de la déclinaison magnétique à Lyon (Saint-Genis-Laval) pendant le deuxième trimestre de* 1916. Note de M. **Ph. Flajolet**, présentée par M. B. Baillaud.

Les relevés des courbes du déclinomètre Mascart, pendant le deuxième trimestre de 1916, fournissent la répartition suivante des jours perturbés :

| Échelle. | | Avril. | Mai. | Juin. | Totaux du trimestre. |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | Jours parfaitement calmes...... | 1 | 3 | 5 | 9 |
| 1 | Perturbations de 1' à 3'....... | 9 | 11 | 9 | 29 |
| 2 | » de 3' à 7'....... | 7 | 11 | 11 | 29 |
| 3 | » de 7' à 15'....... | 10 | 6 | 3 | 19 |
| 4 | » de 15' à 30'....... | 3 | 0 | 2 | 5 |
| 5 | » > 30'............ | 0 | 0 | 0 | 0 |

Il y a eu 3 jours fortement perturbés en avril (15' le 28; 17' le 29; 22' le 25); 2 en juin (17' le 23; 18' le 30), et aucun en mai.

Par rapport aux résultats précédents ([1]), il y a le même nombre de jours dans l'échelle 2, puis diminution de quatre dans les échelles 3 et 4, et de un dans l'échelle 5. Par contre, il y a augmentation de six jours dans l'échelle 1, et de trois dans l'échelle 0.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Résultats d'observations d'aurores boréales exécutées à l'Observatoire de Haldde*. Note ([2]) de MM. **L. Vegard** et **O. Krogness**, présentée par M. H. Deslandres.

L'Observatoire de Haldde, qui a été créé par l'État norvégien en 1911-1913 sur l'initiative de M. le professeur Kr. Birkeland, a, parmi les principaux sujets de son programme d'études, l'observation des aurores boréales.

Depuis la fondation de l'Observatoire, on s'est principalement attaché,

([1]) Séance du 9 octobre 1916.
([2]) *Comptes rendus*, t. 163, 1916, p. 295.

en ce qui concerne les aurores boréales, à obtenir les éléments qui permettent de déterminer leur hauteur au-dessus du sol. Comme l'a montré M. Störmer [1], on peut, en photographiant l'aurore boréale de deux points en même temps (photographie parallactique), obtenir cette hauteur d'une manière absolument objective.

Or, dans les années 1913 et 1914, l'Observatoire, sous la direction de M. Krogness, a pu rassembler une importante collection de photographies parallactiques, soit en tout 415 paires d'épreuves bien réussies.

L'utilisation de ces nombreux matériaux a été dirigée par M. Vegard, de l'Institut de Physique de Christiania, et les résultats en seront prochainement réunis dans un plus grand Ouvrage, qui paraîtra dans la série des Publications de l'Observatoire de Haldde.

Nous donnons ici dans une courte Note plusieurs résultats statistiques importants de nos calculs qui, jusqu'à présent, comprennent en tout 2487 mesures de hauteur, déterminées avec les 415 paires de photographies citées plus haut.

Pour la plupart des photographies parallactiques, on s'est servi des deux bases suivantes :

Haldde-Gargia, distance $26^{km},3$, direction SE;
Haldde-Bossekop, distance $12^{km},5$, direction ENE;

et l'on a cherché surtout à déterminer les limites supérieures et inférieures des différentes formes d'aurores boréales.

La limite supérieure est la plus variable (de $100^{km}$ à $330^{km}$) et est en même temps très indéterminée, parce qu'il est souvent difficile de dire où cesse la lueur. En général, la méthode photographique donne ici de trop petites valeurs, la lueur supérieure la plus faible n'apparaissant pas sur la plaque.

Les valeurs moyennes de la limite supérieure sont données au Tableau I pour une partie des formes les plus fréquentes d'aurore boréale. Nous remarquons que la limite la plus basse est donnée par les arcs et la plus élevée par les rayons.

TABLEAU I.

| | Haldde-Gargia. | | Haldde-Bossekop. | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Types. | Nombre. | Hauteur. | Nombre. | Hauteur. | Nombre total. | Hauteur moyenne. |
| Arcs diffus | 57 | km 144,5 | | | 57 | km 144,5 |
| Arcs en draperies | 72 | 168,9 | 117 | km 177,2 | 189 | 174,3 |
| Draperies | 56 | 160,2 | 158 | 180,0 | 214 | 174,8 |
| Rayons | 23 | 252,8 | 23 | 227,5 | 46 | 240,3 |

Par contre la limite inférieure est ordinairement très nette et se laisse déterminer d'une manière si exacte que, dans des circonstances favorables, l'erreur ne dépasse

(1) C. STÖRMER, *Comptes rendus*, t. 150, 1910, p. 1631; *Vid. Selsk. Skr.*, n° 17, 1911, Christiania.

guère 1 pour 100. L'erreur varie cependant beaucoup suivant la forme et la position de l'aurore boréale et selon la qualité de la plaque. Le Tableau II donne les valeurs moyennes de la limite inférieure :

TABLEAU II.

| Types. | Haldde-Gargia. Nombre. | Haldde-Gargia. Hauteur. | Haldde-Bossekop. Nombre. | Haldde-Bossekop. Hauteur. | Nombre total. | Hauteur moyenne. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | km | | km | | km |
| Arcs diffus | 355 | 109,3 | 6 | 113,5 | 361 | 109,4 |
| Arcs en draperies | 620 | 105,6 | 397 | 108,0 | 1017 | 106,5 |
| Draperies | 175 | 112,0 | 239 | 109,3 | 414 | 110,2 |
| Rayons | 26 | 114 | 25 | 117 | 51 | 115,5 |
| Rubans à fissures | 43 | 114 | » | » | 51 | 115,5 |
| Aurores pulsatives | 34 | 104 | » | » | 34 | 104 |
| | | | | | 1920 | 108,2 |

Les trois formes les plus fréquentes d'aurore boréale montrent approximativement la même limite inférieure. Ce qu'il y a de remarquable, c'est que les arcs diffus calmes descendent presque aussi bas que les draperies et plus bas que les rayons, état de choses qui est en contradiction avec l'impression immédiate que l'on obtient en observant directement le phénomène des aurores boréales.

Nous obtenons des résultats particulièrement intéressants en examinant la manière dont les aurores boréales se répartissent entre les différentes hauteurs. Pour étudier ce phénomène, nous avons divisé la hauteur en intervalles de $2^{km}$ et compté les aurores boréales dont la limite inférieure se trouve comprise dans chacun d'eux.

Le résultat de ce compte est représenté dans la figure ci-contre qui donne la distribution des hauteurs pour les arcs diffus (I), les arcs en draperies (III) et les draperies (II), et enfin la distribution du nombre total (IV).

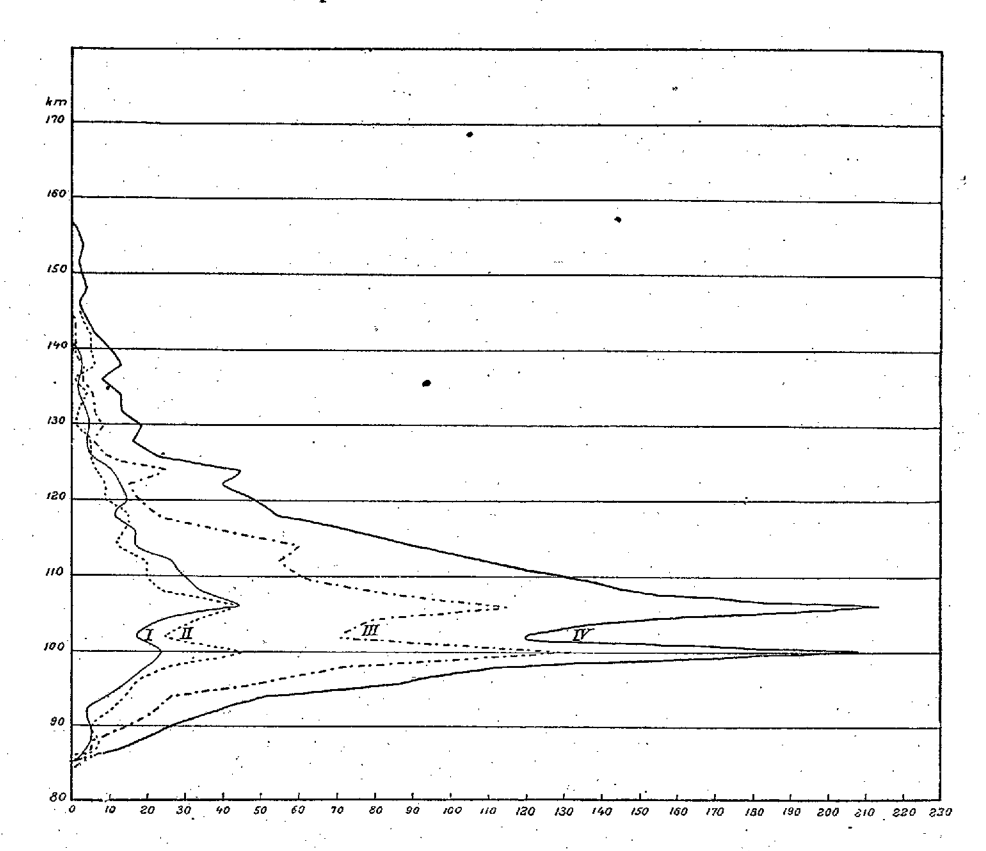
Nous voyons que l'on n'a jamais trouvé de limite inférieure à $85^{km}$, et ces valeurs les plus basses sont toujours un peu douteuses. Le plus grand nombre a sa limite inférieure à une hauteur de $100^{km}$ à $110^{km}$.

Nous remarquons immédiatement que toutes les courbes indiquent deux maxima bien définis, l'un vers $100^{km}$ et l'autre vers $106^{km}$. Il en existe peut-être d'autres, mais les aurores boréales qui y correspondent se produisent si rarement que leurs maxima seront facilement masquées par les aurores appartenant aux deux maxima principaux.

Les deux mêmes maxima sont indiqués dans les courbes trouvées par M. Störmer, qui se base sur les résultats obtenus par lui au printemps de 1913. Mais chez lui, ces maxima ne prennent pas une place spécialement dominante (1). Or nous sommes d'avis que nous avons réussi, en déter-

(1) Suivant une conférence faite à la Réunion des naturalistes, en juillet 1916, à Christiania.

minant la limite inférieure avec des soins tout à fait particuliers, à apporter une preuve irréfutable de l'existence de ces deux maxima. Si nous considérons séparément les observations relatives à chacune des deux courbes de base, nous trouvons, pour elles deux, les deux mêmes maxima avec




exactement la même disposition et pour toutes les trois formes. (Voir la figure).

La constatation de ces maxima est un résultat de la plus haute importance pour le problème des aurores boréales. *La conséquence immédiate en est que nous devons supposer que la masse principale des rayons cosmiques qui produisent les aurores boréales consistent en deux groupes ayant chacun des puissances de pénétration bien distinctes. Nous pouvons en conclure en outre que les trois formes les plus fréquentes : arcs diffus, arcs en draperies et draperies, sont essentiellement de même nature et doivent être produits par des rayons de même espèce.* Par suite du peu de différence dans la hauteur moyenne, il y a lieu de supposer que toutes les formes d'aurores boréales

observées par nous sont dues à des rayons essentiellement de même espèce, et que la différence des types d'aurores boréales est plutôt une différence de forme qu'une différence de nature physique.

PHYSIOLOGIE. — *Classification des muscles du membre supérieur de l'homme suivant leur systématisation radiculaire, par le rapport des quantités donnant le seuil avec les deux ondes isolées du courant induit* (*indice de vitesse d'excitabilité*). Note de MM. **G. Bourguignon** et **J. Lucas**, présentée par M. A. Dastre.

Nous avons appliqué, à l'examen de nos blessés, le procédé de mesure de la vitesse d'excitabilité par la recherche du rapport des quantités induites donnant le seuil avec l'onde de fermeture et l'onde d'ouverture du chariot d'induction, qu'avaient proposé Marcelle Lapicque et Jeanne Weill (¹), en physiologie animale, et que l'un de nous a étudié sur l'homme en collaboration avec H. Laugier (²).

Nous désignons ce rapport sous le nom d'*indice de vitesse d'excitabilité*, ou, plus simplement, d'*indice de vitesse*, comme H. Laugier.

Nous avons été rapidement frappés du fait que l'indice normal est, assez régulièrement, le plus grand sur le biceps, le deltoïde et le long supinateur, alors qu'il est le plus petit dans le domaine radial (moins le long supinateur).

Lorsque l'un de nous eut montré la classification des muscles du membre supérieur, par la chronaxie, suivant leur systématisation radiculaire (³), nous avons pensé à la vérifier par l'indice de vitesse, en raison des différences d'indices que nous avions remarquées, et nous avons procédé à trois séries de recherches :

---

(¹) Marcelle Lapicque et Jeanne Weill, *Société de Biologie*, 27 février 1909.

(²) G. Bourguignon et H. Laugier, *Société d'Électrothérapie*, mai 1911 et avril 1912; *Congrès de l'Association française pour l'avancement des Sciences*, Dijon, août 1911; *Société de Biologie*, 2 et 9 mars 1912; *Société de Neurologie*, janvier 1912 et 25 avril 1912. — G. Bourguignon, *La notion de vitesse d'excitabilité en physiologie et pathologie nerveuses* (*Société française d'Électrothérapie*, décembre 1912). — H. Laugier, *Vitesse d'excitabilité et courants induits* (Thèse de la Faculté de Médecine, 1913).

(³) G. Bourguignon, *Comptes rendus*, t. 163, 1916, p. 68; *Société de Biologie*, 1er juillet 1916.

1° Nous avons relevé toutes les valeurs de l'indice de vitesse obtenues sur les muscles normaux depuis le début de décembre 1915 jusqu'à la fin de juillet 1916. Ayant successivement employé trois bobines induites différentes, nous avons établi trois séries d'indices normaux correspondant respectivement à chacune des trois instrumentations.

Dans chacune des séries nous avons relevé, pour chaque muscle, l'indice le plus grand, l'indice le plus petit ([1]) et la moyenne arithmétique entre tous les indices obtenus sur le muscle considéré.

Que la comparaison des différents muscles entre eux porte sur l'indice maximum, l'indice minimum, ou l'indice moyen, *l'indice de vitesse d'excitabilité classe toujours les muscles du membre supérieur suivant leur systématisation radiculaire*. C'est ce que met en évidence le Tableau suivant qui se rapporte à l'une de nos trois séries d'expériences.

Il montre pour les trois groupes radiculaires (5e et 6e paires cervicales — 8e cervicale et 1re dorsale — et enfin 7e cervicale) des valeurs d'indice ou de chronaxie égales pour chaque groupe, qu'il s'agisse d'indice maximum ou minimum ou moyen, et qui vont en décroissant du premier groupe au troisième.

Fermeture : bobine de 3300 ohms.

Ouverture : bobine de 1613 ohms (addition de 1687 ohms sans self).

| Racines. | Muscles et nerfs. | Nombre d'expér. | Indice maximum. | Indice minimum. | Indice moyen. | Chronaxie ([2]) (val. moy.). |
|---|---|---|---|---|---|---|
| C. V et C. VI. | Biceps | 39 | 22,5 | 13,2 | 15,8 | s 0,00012 |
| | Long supinateur | 19 | 22,4 | 13,3 | 15,8 | 0,00012 |
| C. VIII. et D. I | Em. hypothénar | 17 | 18,2 | 13,3 | 15,4 | 0,0003 |
| | Em. thénar | 23 | 18,7 | 12 | 14,6 | |
| C. VII. | Extenseur commun | 10 | 14 | 10 | 11,7 | 0,0006 |

([1]) Nous avons eu des écarts environ trois fois plus grands (30 pour 100 environ) que ceux qu'avaient observés G. Bourguignon et H. Laugier (10 pour 100) pour un muscle donné avec une instrumentation donnée. Les raisons de cette différence sont : 1° les variations de résistance intérieure de nos accumulateurs dont l'état de charge est moins constant qu'à la Salpêtrière parce qu'ils sont de capacité plus petite (20 ampères-heures au lieu de 80 ampères-heures); 2° les variations légères, en plus ou en moins, de la vitesse d'excitabilité des nerfs et muscles sains chez les sujets porteurs de blessures d'un nerf du même membre ou du membre symétrique, sur lesquelles l'un de nous vient d'attirer l'attention (G. Bourguignon, *Société de Biologie*, 1er juillet 1916). Or nous avons utilisé les chiffres pris par comparaison sur les muscles sains chez les blessés, tandis que G. Bourguignon et H. Laugier n'avaient utilisé pour leurs recherches que des sujets entièrement normaux.

([2]) G. Bourguignon, *loc. cit.*

2° Nous avons recherché, dans les publications antérieures de l'un de nous et H. Laugier, les valeurs de l'indice pour les muscles étudiés. Le nombre de ces muscles est moins grand, mais leur classification est la même. En voici le relevé :

| | Muscles. | Bobine de 1651 ohms (¹). | Bobine à 3390 ohms. Limites (²). | Bobine à 3390 ohms. Val. moy. (³) |
|---|---|---|---|---|
| C. V. | Biceps | 14,5-16 | 12-13 | 12,3 |
| C. VII. | Extenseur commun des doigts | 13-14 | 10-10,3 | 10,2 |
| C. VI. | Deltoïde | 14-16 | 11-12 | 11,4 |

3° Enfin, nous avons comparé systématiquement le même jour, sur un même sujet, l'indice de vitesse dans les trois domaines radiculaires du membre supérieur. Nous avons retrouvé la même classification. Exemple :

| Fermeture : bobine de 3300 ohms. | | | | Ouverture : bobine de 1613 ohms (addition de 1687 ohms sans self). | |
|---|---|---|---|---|---|
| C. V et C. VI. | | C. VII. | | C. VIII et D. I. | |
| Biceps | 14,3 | Ext. commun... | 10,4 | Grand palmaire | 13,4 |
| Long supinateur | 16,5 | » | » | Cub. antérieur | 12,3 |

*Conclusions.* — L'indice de vitesse d'excitabilité déterminé avec les courants induits classe les muscles du membre supérieur de la même façon que la chronaxie, en trois groupes : les muscles les plus rapides (caractérisés par les indices les plus grands et les chronaxies les plus petites) sont innervés par C. V et C. VI; ceux de rapidité moyenne sont innervés par C. VIII et D. I et les moins rapides (caractérisés par les indices les plus petits et les chronaxies les plus grandes) sont innervés par C. VII.

La classification donnée par l'un de nous, à l'aide de la chronaxie, se retrouve donc dans les mesures de vitesse d'excitabilité faites, avec les courants induits, antérieurement à la connaissance de cette classification.

(¹) G. Bourguignon et H. Laugier, *Société d'Électrothérapie*, mai 1911.
(²) G. Bourguignon et H. Laugier, *Société de Neurologie* (2e Note), 25 avril 1912.
(³) H. Laugier, *Thèse de la Faculté de Médecine*, p. 111.

MICROBIOLOGIE. — *Contribution à l'étiologie de la gangrène gazeuse.* Note [1] de MM. **Weinberg** et **P. Séguin**, présentée par M. Laveran.

Nous avons établi, dans deux Notes antérieures [2], que la gangrène gazeuse est causée soit par un, soit par une association de certains microbes anaérobies. Ces derniers, qu'on trouve quelquefois dans les plaies de guerre sans gravité, ne deviennent dangereux que lorsqu'ils trouvent dans le membre atteint par le projectile des conditions favorables à leur développement.

Parmi les facteurs étiologiques les plus importants de la gangrène gazeuse, il faut citer en premier lieu les altérations graves des os, des vaisseaux et des muscles, ainsi que la persistance, dans les tissus profonds, de corps étrangers (éclats d'obus, débris vestimentaires, esquilles) non extraits à temps par le chirurgien.

L'étude de la flore des plaies de guerre nous a permis d'y découvrir un microbe que, pour des raisons qu'on trouvera plus bas, nous désignons sous le nom de *B. histolytique* (*B. histolyticus*). Ce microbe, incapable de causer par lui-même une infection gazeuse, paraît jouer un rôle important dans l'étiologie de certains cas de gangrène gazeuse en provoquant des lésions profondes des vaisseaux et du tissu musculaire.

Voici sa courte description :

Diplobacille : longueur, $3^{\mu}$ à $5^{\mu}$; épaisseur, $0^{\mu},5$ à $0^{\mu},7$; très mobile dans les sérosités et dans les cultures jeunes des premiers repiquages; grosses endospores subterminales, très facilement colorables par le Ziehl; bacille richement cilié. Anaérobie strict; quelques races très difficiles à cultiver.

Ce microbe se développe aussi bien en bouillon sucré qu'en bouillon non sucré. Il trouble abondamment le bouillon et dépose lentement. L'odeur des cultures vieilles de quelques jours est légèrement nauséeuse. Il digère lentement le blanc d'œuf et liquéfie rapidement la gélatine. Le lait est coagulé en 24 à 48 heures et le caillot digéré complètement en 8 à 15 jours d'étuve.

Les colonies en gélose profonde glucosée sont arborescentes. Il n'y a pas production de gaz dans la gélose.

En dehors des lésions caractéristiques que produit ce microbe chez l'animal, sa spécificité est démontrée par l'action du sérum anti *B. histolyticus* que nous préparons actuellement sur cheval.

Le *B. histolyticus* est pathogène pour le cobaye, la souris, le lapin et plus faiblement pour le rat.

---

(1) Séance du 16 octobre 1916.

(2) Voir ces *Comptes rendus*, t. **160**, 1915, p. 325, et t. **161**, 1915, p. 744.

Lorsqu'on injecte dans la cuisse d'un cobaye $0^{cm^3},25$ à $1^{cm^3}$ de culture de 24 heures en bouillon glucosé, on constate dès le lendemain une destruction locale considérable des tissus.

La peau est ouverte; une bouillie hémorragique s'échappe de la lésion et l'on aperçoit le squelette du membre complètement dénudé. Souvent l'articulation du genou est attaquée; les ligaments, la capsule, le revêtement cartilagineux de l'articulation sont détruits, et le tibia se détache spontanément du fémur (auto-amputation inflammatoire). La lésion n'est pas putride, il n'y a pas formation de gaz. Le cobaye peut survivre 12 à 24 heures à cette horrible mutilation.

Si l'on suit de plus près l'évolution des lésions, on constate que le microbe attaque d'abord le tissu conjonctivo-vasculaire et détache les muscles du derme. L'espace rendu libre par cette digestion est occupé par de gros caillots sanguins rouge-framboise. Les aponévroses et le tissu conjonctif intermusculaire sont à leur tour détruits. Les faisceaux, puis les fibres musculaires sont dissociés et liquéfiés. Lorsque les altérations du derme sont assez avancées, l'épiderme aminci, rouge violacé, craque sur une certaine longueur; il se produit ainsi une fente linéaire, régulière comme une incision pratiquée au bistouri; celle-ci s'agrandit rapidement à mesure que la peau nécrosée se détache et tombe; un flot de bouillie hémorragique s'échappe de la lésion ouverte.

Souvent la digestion des tissus s'étend au voisinage de la cuisse. La peau de l'abdomen est décollée. Les muscles de la paroi abdominale sont détruits et la séreuse péritonéale recouvre seule la masse de l'intestin; celui-ci force alors cette mince barrière et fait hernie dans la lésion.

Le cobaye succombe tantôt à une infection secondaire, tantôt à une intoxication directe.

Les cultures jeunes en bouillon glucosé, filtrées sur Chamberland, sont toxiques pour le cobaye et le lapin; $1^{cm^3}$ à $2^{cm^3}$ de toxine injectée dans la veine de ces animaux déterminent leur mort en quelques minutes. L'animal est progressivement paralysé et meurt par arrêt respiratoire. L'injection sous-cutanée ou intermusculaire de toxine filtrée ($2^{cm^3},5$) provoque une grave lésion locale hémorragique avec destruction du tissu conjonctif et de la peau; les muscles sont respectés.

On comprend facilement qu'un microbe capable d'altérer à ce point les tissus ne puisse que favoriser le développement des anaérobies de la gangrène gazeuse dans les plaies infectées.

Nous avons pu démontrer expérimentalement sur le cobaye le rôle favo-

risant du *B. histolyticus* vis-à-vis des microbes et de la gangrène gazeuse, et plus spécialement du *B. perfringens* et du *B. œdematiens*.

Si l'on injecte à l'animal une dose infime (isolément non pathogène) de culture de bacille histolytique, mélangée à une dose infime (non pathogène à elle seule) d'une culture d'un de ces deux microbes, l'association ainsi réalisée se montre très virulente pour le cobaye, qui meurt rapidement en présentant des lésions mixtes, caractéristiques.

Prenons un exemple : six cobayes sont inoculés dans la cuisse avec des mélanges différemment dosés de cultures en bouillon de *B. perfringens* et de *B. histolyticus*.

Deux cobayes ont reçu chacun $\frac{1}{4}$ de centimètre cube de culture de *B. histolyticus* et $\frac{1}{10}$ de centimètre cube de culture de *B. perfringens*.

Deux autres cobayes, chacun $\frac{1}{10}$ de centimètre cube de culture de *B. histolyticus* et $\frac{1}{10}$ de centimètre cube de culture de *B. perfringens*.

Enfin les deux derniers cobayes $\frac{1}{20}$ de centimètre cube de *B. histolyticus*, $\frac{1}{20}$ de centimètre cube de *B. perfringens*.

Alors que chez des animaux témoins la culture de *B. histolyticus* et celle de *B. perfringens* n'ont été pathogènes qu'à la dose limite de $\frac{1}{4}$ de centimètre cube (mort en 48 heures), tous les cobayes injectés avec le mélange des deux microbes sont morts très rapidement, en présentant de grosses lésions à caractère mixte (un cobaye en 21 heures, quatre en 24 heures, un en 30 heures).

Deux autres arguments plaident encore en faveur du rôle important joué par ce microbe dans l'étiologie de la gangrène gazeuse :

1° Depuis que nous avons appris à connaître les caractères du *B. histolyticus*, nous l'avons fréquemment rencontré (8 fois sur 30 cas dernièrement étudiés); ce pourcentage est vraisemblablement inférieur à la réalité, car dans quelques-uns de ces cas nous n'avons pu ensemencer que le sang du cœur prélevé après la mort du blessé;

2° Sur neuf échantillons de *B. histolyticus* que nous possédons, quatre ont été isolés dans des cas de gangrène gazeuse mortelle; dans quatre autres cas, l'amputation a dû être pratiquée.

Les faits que nous venons d'exposer montrent l'importance qu'il y aurait à combattre le *B. histolyticus* dans les plaies de guerre. C'est ce que nous essayons actuellement de faire en préparant contre ce microbe un sérum actif.

A 15 heures trois quarts, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 heures.

G. D.

---

## BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

---

OUVRAGES REÇUS DANS LES SÉANCES DE JUILLET 1916 (*suite*).

*Le climat de la France. Température, pression, vent*, par G. BIGOURDAN. Paris, Gauthier-Villars, 1916; 1 vol. in-8°. (Présenté par l'auteur.)

*L'Année biologique.* Comptes rendus annuels des travaux de Biologie générale, publiés sous la direction de YVES DELAGE, 19e année, 1914. Paris, Lhomme, 1916; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Delage.)

*Principes de Plasmogénie*, par ALBERT et ALEXANDRE MARY. Mexico, Departamento de l'Imprenta de la Secretaria de Fomento, 1916; 1 vol. in-8°.

*Recueil des travaux du Conseil départemental d'hygiène de la Gironde, année* 1915, publié par les soins de M. le Dr L. BARTHE, t. IX. Bordeaux, Ragot, 1916; 1 vol. in-12.

*Du choix d'un anesthésique et d'un analgésique général en chirurgie et en obstétrique* (*le chloroforme chloréthylé*), par JULES REGNAULT. Extrait du *Progrès médical*, n° 8, 5 avril 1915. Paris, *Progrès médical*, 1916; 1 fasc. in-12.

*Résumé météorologique de l'année* 1914 *pour Genève et le Grand Saint-Bernard*, par RAOUL GAUTIER. Tiré des *Archives des sciences de la bibliothèque universelle*, août et septembre 1915. Genève, Société générale d'imprimerie, 1915; 1 fasc. in-8°.

*Observations météorologiques faites aux fortifications de Saint-Maurice pendant l'année* 1914, résumé par RAOUL GAUTIER et ERNEST ROD. Extrait des *Archives des sciences physiques et naturelles*, novembre 1914, mars, avril, juin et décembre 1915. Genève, Société générale d'imprimerie, 1915; 1 fasc. in-8°.

*Rapport sur le concours de réglage des chronomètres de l'année* 1915, présenté à la Classe d'Industrie et de Commerce de la Société des Arts de Genève, le 21 février 1916, par RAOUL GAUTIER.

(*À suivre.*)

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 30 OCTOBRE 1916.

PRÉSIDENCE DE M. CAMILLE JORDAN.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ASTRONOMIE. — *Les observations astronomiques de Paris, de 1632 à la fondation de l'Observatoire* (¹). Note de M. G. BIGOURDAN.

Gassendi étant retourné en Provence peu après le passage de Mercure de 1631, les observations astronomiques se trouvèrent négligées quelque temps à Paris. Voici celles que nous trouvons de 1632 à 1637 :

1632 février 5. Occultation de Mars par la Lune et conjonction de Mercure et de Vénus, observées par Gassendi.

1633 avril 8. Eclipse de Soleil, observée probablement par Beaugrand (²), aidé par de Refuge (³).

---

(¹) Voir page 50 de ce Volume.

(²) Jean de Beaugrand, secrétaire du roi et mathématicien de Gaston d'Orléans, publia, in-f°, en 1638 une *Géostatique* sévèrement jugée par Descartes. Il s'était rendu ridicule, dit Baillet, pour avoir voulu passer la mesure de ses connaissances, et il pillait de toutes parts sans vergogne. Il fut cause de la célèbre dispute entre Descartes et Fermat, à propos de la *Dioptrique* du premier, etc. C'est lui qui donna à la Roulette le nom de *Cycloïde*. Il mourut en 1640.

(³) Henry de Refuge, seigneur des Prés, né à Lyon, fut en 1624 conseiller au Parlement de Paris. Entré plus tard dans les ordres, il devint abbé de Saint-Cybar, de Morigny, et mourut le 11 août 1688. Le P. Mersenne lui a dédié certains de ses ouvrages.

1633 mai 26. Conjonction de Vénus avec $\kappa$ Gémeaux, observée par Boulliau.

1634 février-avril. Positions de Mars, de Jupiter, déterminées par Boulliau au moyen d'alignements.

1635 mars 3. Eclipse de Lune observée avec des moyens fort primitifs par Langren le père et séparément par Boulliau.

» août 27. Eclipse de Lune, observée par Boulliau.

1637. Observations faites toutes par Boulliau : Mars 19-24, opposition de Jupiter. — Mars 20, occultation des Pléiades; il détermine l'heure par le passage de deux étoiles par le même azimut. — Juillet 15, appulse de Jupiter à $\eta$ Vierge. — Décembre 22, passage de Vénus près d'une étoile de 5^e^ grandeur.

Cette même année 1637, Descartes publia son *Discours de la Méthode*, suivi de la Dioptrique, des Météores et de la Géométrie.

Cette *Dioptrique* exerça une grande influence sur le perfectionnement des lunettes, dont les dimensions augmentèrent dès lors rapidement (1).

L'éclipse de Lune de l'année suivante (20 décembre 1638) ne fut observée à Paris que par Boulliau, qui détermina les heures par des hauteurs d'étoiles et qui, à partir de ce moment, paraît avoir disposé d'un quart de cercle.

Dès cette époque avaient commencé les assemblées scientifiques d'où

(1) On sait que ce célèbre Traité indique la loi de la réfraction, introduit la notion de l'indice $\frac{\sin i}{\sin r} = n$, enseigne la manière de déterminer cet indice, fait connaître les propriétés des lentilles terminées par des sections coniques, etc. Descartes s'était pratiquement perfectionné dans la taille des surfaces, avait formé des ouvriers et même inventé la méthode d'examen, bien employée encore aujourd'hui sous une forme perfectionnée, qui consiste à placer près de la lentille un diaphragme percé de trous, et à voir si tous les faisceaux qui passent vont bien converger en un foyer unique.

Richelieu aurait voulu faire construire des lunettes suivant les règles de la nouvelle Dioptrique, mais Descartes ne s'y prêta pas. L'espoir de faire profiter l'Angleterre des connaissances de Descartes et de Mydorge en Optique contribua sans doute à la tentative faite pour les attirer à Londres l'un et l'autre.

En Hollande, Descartes fut longtemps en relation avec les deux Huyghens père et fils; et cela dut contribuer à tourner vers l'Optique pratique les études de Chr. Huyghens qui, dans la suite, y fit tant de progrès.

sortit plus tard l'Académie des Sciences; il en résulta une activité qui se manifesta lors de l'éclipse de Soleil du 1[er] juin 1639, car elle fut observée par trois groupes différents : Boulliau d'un côté, — Roberval, Mydorge et le P. Petau d'un autre; — enfin Beaugrand, le président Pascal et Hardy formaient le troisième.

Boulliau détermina les heures par les hauteurs du Soleil; quant aux deux autres groupes, opérant en des points différents du couvent des Carmes déchaussés de la place Royale, ils prirent l'heure sur une horloge à secondes, mise à l'heure à midi vrai.

En outre, Boulliau observa cette année 1639 l'appulse ☾ — $\eta$ Gémeaux (13 févr.) l'occultation de Taureau par la Lune (7 avril) et les conjonctions ♄ — $\iota$ Capricorne et ♃ — $\beta$ Scorpion.

Dans l'année 1640 Boulliau observa encore les conjonctions ♄ — $\iota$ Verseau, ♂ — $\varkappa$, $\delta$, $\iota$ Verseau.

Pendant quelques années, à partir de ce moment, qui coïncide à peu près avec le retour de Gassendi à Paris, on n'y manque plus aucune observation importante; même bientôt après on voit paraître des noms, tels que celui de Jean Picard, qui promettent à l'Astronomie française les plus belles moissons.

C'est ainsi qu'en 1641 Gassendi et Boulliau observent ensemble l'éclipse de Lune du 18 octobre. Comme, dit Gassendi, un horizon bien dégagé était indispensable, ils s'installèrent à l'abbaye Saint-Germain-des-Prés; l'heure fut déterminée par des hauteurs d'étoiles prises avec le quart de cercle de cuivre de Boulliau. Celui-ci observa également l'occultation de $\varepsilon$ Taureau par la Lune, les appulses de $\beta$ Scorpion et d'Arcturus ainsi que les conjonctions ♄ — $\chi$ Verseau et ♃ — $\theta$ Capricorne.

L'année suivante (1642), Boulliau et Gassendi observèrent de même l'éclipse de Lune du 14 avril, dans les dépendances de l'hôtel de Thou; ils étaient secondés par le P. Fournier [1] et par Agarrat.

---

(1) Georges FOURNIER (Caen, 1595 — 1652 avril 13), jésuite, fit un petit nombre d'observations astronomiques à La Flèche, puis à Paris. Il publia plusieurs Ouvrages de Mathématiques, de Géographie, et aujourd'hui il est surtout connu par un volumineux Traité d'*Hydrographie* in-folio (1643; 2[e] éd., 1667), où il cherche à prouver que l'on ne peut guère tirer parti des éclipses de Lune pour la détermination des longitudes; avec raison il préfère les occultations d'étoiles par la Lune.

L'éclipse de Lune du 27 septembre 1643 ne fut observée à Paris que par Boulliau; Agarrat, qui se trouvait à Raray, près Senlis, et Gassendi, qui était à Sucy-en-Brie, avec l'abbé de Champigny et le président Molé, l'observèrent aussi chacun de son côté.

En 1644, Boulliau observe les conjonctions ☾ — Aldébaran, ♃ — ♂, ♃ — ω Taureau, ♂ — Propus, ☿ — $\beta_1$ des Gémeaux, ☿ — Régulus.

Avec les éclipses de 1645, année où Gassendi inaugure son cours au Collège royal, on rencontre plusieurs nouvelles recrues : l'éclipse de Lune du 10 février fut observée indépendamment par le P. Bressan, par le P. Bourdin, par Boulliau et par Gassendi; celui-ci, aidé d'Agarrat, avait placé ses instruments dans la maison de Champigny. Quant à l'éclipse de Soleil des 20-21 août, elle n'eut pour observateur que Gassendi, installé encore dans la maison de Champigny, avec deux aides destinés à devenir célèbres l'un et l'autre, mais dans des genres bien différents : Jean Picard (juvenis pereruditus Joannes Picardus) et Chapelle (Claude Luillier).

Boulliau observe la conjonction ♂ — ε Gémeaux et ensuite part en voyage dans le Levant.

L'éclipse de Lune du 30 janvier 1646 est observée d'un côté par le P. Bourdin; de l'autre, sur les tours de Notre-Dame, par Gassendi, aidé de Picard et de Cl. Luillier, avec les instruments de l'abbé de Champigny.

En 1647 (janv. 20), Gassendi observe l'éclipse de Lune avec Picard et Agarrat. Ils observent aussi les conjonctions ☾ — ♃, ♃ — Procyon. Cette dernière fut aussi observée par Petit.

En 1648, Boulliau et Gassendi sont absents, et les observations font défaut, mais reprennent à la fin de 1649 : Boulliau observe, à Meslay-le-Vidame en Beauce, l'éclipse de Soleil du 4 novembre; et l'éclipse de Lune du 18 novembre fut observée du haut des tours de Notre-Dame par les jeunes Jean et François Bochart de Saron-Champigny, aidés de leur ancien précepteur, Mathurin de Neuré.

Boulliau observe aussi les conjonctions ♄ — ι Taureau, ♄ — μ Gémeaux, ♃ — η Vierge.

En 1650, Boulliau observe une occultation de γ Vierge et une conjonction ♄ — Propus, mais les éclipses de 1650 et de 1651 n'eurent à Paris aucun observateur, peut-être à cause de l'état du ciel; par contre, celle de Soleil du 7-8 avril 1652 fut observée par sept groupes différents :

1° Boulliau;

2° Pierre Petit (¹), J.-A. Le Tenneur (²), Ad. Auzout et J. Buot, en présence du cardinal de Retz et de beaucoup de curieux, dans l'hôtel de Petit;

3° Roberval et Claude Milon, dans le jardin de l'abbé Bruslart;

4° Jean Béchet, J. Picard et d'autres, au collège de Navarre;

5° Le P. Bourdin (³) et Fr. Gaynot, amateur, au collège de Clermont, en présence du roi d'Angleterre, etc.;

6° Un groupe de Jésuites observant séparément;

7° J.-B. Morin et Agarrat, au palais d'Orléans ou du Luxembourg.

L'éclipse de Lune du 24 mars fut observée par Boulliau et celle du 17 septembre par Boulliau d'un côté, Petit avec Auzout de l'autre.

Dans la suite, Gassendi, dont la santé déclinait de plus en plus, cesse presque complètement ses observations, et c'est à Boulliau que l'on doit la plus grande partie de celles des années suivantes, de 1653 à 1667, résumées dans le Tableau suivant.

---

(¹) Pierre PETIT (Montluçon, 1594 décembre 8—Lagny-sur-Marne, 1677 août 20), proche parent ou allié du P. Bourdin, fut d'abord Ingénieur royal, puis Intendant des fortifications. Il avait beaucoup étudié l'Optique, et il fit à la *Dioptrique* de Descartes des objections auxquelles répondit sans peine le philosophe. En 1636 il observait à Trahone (Valteline) et en 1639, en 1641 au Hâvre.

Ayant vu faire par Mersenne la nouvelle expérience du vide, il la répéta à Rouen avec Bl. Pascal qui ensuite la varia considérablement, et en tira les plus importantes conséquences.

Petit a écrit, entre autres Ouvrages, une *Dissertation sur la nature des comètes*, Paris, 1665, où l'on trouve, sur la nature de ces astres, des idées très sensées, plutôt en avance sur celles de son temps.

Il avait de bons instruments et s'en servait habilement; ses observations d'éclipses se trouvent à la suite de l'*Astronomia physica* de J.-B. Duhamel (1660), avec une dissertation sur la latitude de Paris et sur la déclinaison magnétique.

(²) Jacques-Alexandre LE TENNEUR (1604-1653 ?), d'abord conseiller à la Cour des aides de Guyenne, était venu s'établir à Blois un peu avant 1649, et sans doute vint ensuite à Paris. Il avait un frère président de la Cour des monnaies à Paris.

(³) Le P. Pierre BOURDIN (1595-1653), jésuite, natif de Moulins, vint vers 1635 de La Flèche au Collège de Clermont, où il professa les mathématiques avec réputation.

En 1640 il observa à Paris, avec Mersenne, la déclinaison magnétique, trouvée égale à 3°.

Dans la Thèse d'un de ses élèves il fit à la *Dioptrique* de Descartes des critiques dont le philosophe se montra très ému; il fit également aux *Méditations* de Descartes des objections qui ont été imprimées.

(Pour les observations d'éclipses, les observateurs mentionnés opéraient toujours séparément. Les observations de planètes sont toutes de Boulliau, qui rapportait ces astres à des étoiles voisines, parfois par des alignements; ces étoiles sont indiquées; par exemple, ♃ — σ Lion signifie que Jupiter a été rapporté à σ Lion. La comparaison de la planète à l'étoile durait parfois assez longtemps, jusqu'à plusieurs mois) :

TABLEAU RÉSUMÉ DES OBSERVATIONS FAITES A PARIS DE 1653 A 1667.

| Années. | Éclipses de Soleil. | | Éclipses de Lune. | | Observations de planètes (Boulliau). | Observations et synchronismes divers. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1653.. | Mars 13 | Boulliau | » | » | ♃ — ι Capric. | Passage de la Lune par les Pléiades : Boulliau. |
| | » | Agarrat | | | ♂ — σ Verseau | |
| | » | P. Bourdin | | | ♀ — γ Capric. | |
| 1654.. | Août 11 | Boulliau | Mars 2 | » | ♀ — ♂ | ☾ — ♀ Boulliau. |
| | » | Petit | Août 27 | Petit | ♀ — ε Poissons | |
| | » | Les Jésuites | » | Boulliau | ♀ — ☿ | |
| | | | | | ♀ — Régulus | |
| 1655.. | Fév. 6 | Gassendi | » | » | ♂ — η, γ, δ Capr. | Chr. Huyghens découvre un sat. de ♄ (Titan). |
| | » | Boulliau | | | ♂ — σ, φ, Verseau | J.-D. Cassini rétablit la méridienne de Sainte-Pétrone à Bologne. |
| 1656.. | Janv. 26 | Petit | Janv. 11 | » | ♂ — ♃ | Chr. Huyghens commence d'appliquer le pendule aux horloges. |
| | » | Boulliau | | | | Achèvement de la Tour de Copenhague, commencée en 1632. |
| 1657.. | » | » | Juin 25 | Petit | » | » |
| | » | » | » | Agarrat | | |
| | | | Déc. 20 | » | | |
| 1658.. | » | » | » | » | ♀ — ι Capric. | » |
| 1659.. | Nov. 14 | Boulliau | Mai 6 | Boulliau | ♂ — ⋆⋆ Taureau | » |
| | » | Petit | | | | |
| | » | Les Jésuites | Oct. 29 | Boulliau | | |
| | | | » | Agarrat | | |
| 1660.. | » | » | » | » | ♃ — σ Lion | Occult. η Oph. Boulliau et Agarrat. |
| | | | | | ♂ — ♀ | Établissemt de la Soc. roy. de Londres. |
| 1661.. | Mars 29-30 | » | Oct. 7 | » | | Boulliau voyage en Allemagne. Il signale la néb. d'Androm. Passage de ☿ le 3 mai. |

| Années. | Éclipses de Soleil. | Éclipses de Lune. | Observations de planètes. (Boulliau). | Observations et synchronismes divers. |
|---|---|---|---|---|
| 1662.. | » » | » » | ♄ — $\nu$ Scorpion<br>♃ — $\alpha$ Balance<br>♀ — Régulus | ☾ — Abdébaran : Boulliau.<br>Obs. de Mira Ceti : Boulliau.<br>Éphémérides de Hecker (1666-1680). |
| 1663.. | Sept. 1 » | Fév. 21 »<br>Août 18 Boulliau | ♃ — $\omega$ Oph.<br>♂ — Crèche | Obs. de Mira Ceti : Boulliau. |
| 1664.. | Janv. 27 » | Août 6 » | ♃ — 2$\nu$ Sagitt.<br>♃ — 1$\nu$ Sagitt.<br>♂ — $\chi$ Lion<br>♂ — $\beta$ Vierge | ☾ — $\pi$ Sagitt. et éclat de Mira Ceti : Boulliau, qui découvre la période (333 jours) de cette étoile. — J.-D. Cassini découvre l'ombre des sat. de ♃ sur le disque. |
| 1665.. | Janv. 15 » | Janv. 30 Boulliau<br>Juill. 26 Boulliau | ♄ — 2$\nu$ Sagitt.<br>♃ — $\iota$ Capric.<br>♂ — Crèche | J.-D. Cassini découvre la rotation de ♃.<br>Auzout donne une éphéméride de la comète de 1664. |
| 1666.. | Juill. 1 L'Académie<br>» Boulliau<br>» Payen, etc. | Juill. 26 (ciel couvert) | ♂ — $\gamma$, $\beta$ Vierge | Établissement de l'Acad. des Sc. de Paris comme institution royale. — Fond. de l'Observatoire de Greenwich. — Invention du micromètre. |
| 1667.. | » » | » » | » | Fondation de l'Observatoire de Paris. — Substitution des lunettes aux pinnules des quarts de cercle. |

PHYSIQUE. — *Sur la détermination de la densité des corps solides.* Note de MM. **Henry Le Chatelier** et **F. Bogitch.**

La détermination des densités passe pour l'une des opérations les plus simples de la Physique; elle figure dans les programmes de l'enseignement scientifique élémentaire. Peu de mesures cependant sont généralement faites d'une façon aussi inexacte; bien rares sont les corps solides dont nous pouvons nous vanter de connaître la densité à 1 pour 100 près. Les Traités de Chimie ne donnent presque jamais de nombre précis pour ces densités, mais seulement les limites entre lesquelles elles peuvent varier. Dans le Traité de Moissan, par exemple, nous trouvons, pour des corps très abondants dans la nature et se présentant habituellement dans un grand état de pureté, les indications suivantes :

| | | |
|---|---|---|
| Quartz............... | densités comprises entre | 2,55 et 2,74 |
| Galène naturelle...... | densités variant de | 7,26 à 7,70 |
| Galène artificielle..... | » | 6,9 à 7,5 |
| Blende naturelle...... | » | 3,5 à 4,2 |

Pour le quartz, les expériences de MM. Macé de Lépinay et Buisson ont montré que la densité est en réalité absolument fixe et égale à 2,6507, avec une incertitude d'une unité seulement sur la quatrième décimale.

Bien des chimistes cependant se refusent à admettre cette constance des densités, c'est-à-dire nient une des lois fondamentales de la Chimie, celle des propriétés définies, d'où est sortie la notion des combinaisons définies. Une fois engagé sur cette pente, on passe facilement de la négation des propriétés définies à la négation des proportions définies. Il n'y a pas lieu de rappeler ici les travaux de savants éminents qui ont admis la possibilité de variations dans la composition des combinaisons organiques ou dans celle des hydrates salins, nous ramenant ainsi aux temps passés de l'alchimie. La mesure exacte des densités présente donc un réel intérêt.

Les causes d'erreur les plus fréquentes dans les mesures de densité sont au nombre de trois :

1° *Impureté des corps étudiés.* — L'analyse chimique permet facilement d'éliminer cette cause d'erreur. Son importance est assez connue pour que les précautions voulues soient généralement prises.

2° *Insuffisance du poids de matière.* — Cette difficulté est inexistante pour les corps usuels semblables à ceux que nous avons cités plus haut, au sujet desquels notre ignorance est particulièrement choquante. Cette difficulté se présente surtout avec certains corps rares, préparés au laboratoire en petite quantité.

3° *Adhérence d'une mince couche d'air à la surface des corps solides immergés.* — Il y a une cause d'erreur d'une importance capitale, dont on se préoccupe parfois insuffisamment. Cette adhérence de l'air à certains corps est énorme; elle est mise à profit dans le procédé, dit du *flottage*, pour la séparation de certains minerais sulfurés : galène et blende, de leur gangue oxydée : quartz et oxyde de fer. Dans des conditions convenables, on arrive à faire flotter les sulfures, grâce à leur gaine d'air, pendant que la gangue coule au fond de l'eau.

L'objet de cette étude est précisément d'étudier cette dernière cause d'erreur, de chercher comment elle varie avec la nature du liquide dans

lequel on immerge le corps solide pour prendre sa densité. Cette adhérence de l'air est complètement évitée, comme nous allons le montrer, par l'emploi de l'un des trois liquides : tétrachlorure de carbone, benzène cristallisable ou essence minérale. On peut avec ces liquides, en se servant de dispositifs très simples, réaliser rapidement des mesures très précises, par exemple faire en 10 minutes une mesure exacte au millième près.

Le dispositif expérimental consiste essentiellement en un tube de verre de $5^{mm}$ de diamètre intérieur, divisé en dixièmes de centimètre cube, bouché à son extrémité inférieure et maintenu verticalement par un support. On introduit jusqu'à moitié hauteur le liquide servant aux mesures et l'on détermine la position du ménisque par rapport aux divisions du tube, soit à l'œil, soit en se servant d'un cathétomètre. On évalue ainsi, suivant les cas, le centième ou le millième de centimètre cube.

On verse alors dans un entonnoir à long tube un poids de matière correspondant à environ $2^{cm^3}$. On prend des grains assez fins, débarrassés des parties impalpables; des grains traversant le tamis n° 100, de 1250 mailles au centimètre carré, et restant sur le tamis n° 200, de 5000 mailles, conviennent très bien. On détermine de nouveau la position du ménisque après cette introduction du corps solide et l'on obtient la densité en divisant le poids du corps employé par le volume du liquide déplacé.

Pour vérifier la graduation du tube, nous avons commencé par une détermination de la densité du mercure. La température de la pièce étant de 20°, $29^g,23$ ont déplacé $2^{cm^3},159$ de tétrachlorure de carbone. Cela donne une densité de 13,5386 différant de moins de 0,02 pour 100 de la densité exacte, c'est-à-dire d'une quantité bien inférieure aux erreurs d'expérience. La graduation moyenne du tube pouvait donc être considérée comme exacte.

Une première série d'expériences a été faite avec du sable de Fontainebleau préalablement calciné et recueilli entre les tamis $n^{os}$ 100 et 200. Quatre mesures faites avec de l'eau ont donné les chiffres suivants :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Densités | 2,581 | 2,632 | 2,637 | 2,644 |
| Erreur (pour 100) | 2 | 0,7 | 0,5 | 0,2 |

Dans la seconde expérience on avait fait le vide au-dessus du liquide pour tâcher de chasser les bulles d'air.

Les expériences faites avec le tétrachlorure de carbone ont donné au contraire des nombres ne différant les uns des autres que de 0,1 pour 100, c'est-à-dire d'une quantité inférieure aux erreurs de mesure. Chaque expé-

rience isolée comporte précisément cette erreur; la différence d'une expérience à l'autre peut donc être deux fois plus grande.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Densités | 2,652 | 2,654 | 2,655 |

Ces trois densités diffèrent de celle du quartz pur de moins de 0,2 pour 100. Ce léger écart peut être attribué à la présence du fer; il ne dépasse d'ailleurs guère la limite possible des erreurs expérimentales.

Une seconde série d'expériences a été faite avec de la blende et de la galène naturelles, prises en échantillons bien cristallisés et semblant très purs. L'analyse n'en a cependant pas été faite; aussi ne peut-on donner les nombres obtenus comme des valeurs définitives. Les cristaux ont été écrasés et séparés par deux tamisages. On appelle, dans le Tableau ci-dessous, *gros* les grains qui ont traversé le tamis de 300 mailles et ont été retenus par le tamis de 1250 mailles; on appelle *fin* les grains qui ont traversé ce dernier tamis. On y a laissé l'impalpable produit par le broyage, ce qu'on ne devrait pas faire pour des expériences normales. Mais il s'agissait d'étudier l'influence de la finesse sur la précision des mesures; cette finesse, en augmentant pour un poids donné de matière les surfaces libres, tend à favoriser l'adhérence de l'air et à accroître ainsi les causes d'erreur. Les expériences ont été faites avec de l'eau et avec du tétrachlorure de carbone.

| | Eau. | Tétrachlorure de carbone. |
|---|---|---|
| | *Galène.* | |
| Gros | 7,331 (erreur 2 pour 100) | 7,584 |
| Fin | 7,276 (erreur 4 pour 100) | 7,590 |
| | *Blende.* | |
| Gros | 4,054 (erreur 0,6 pour 100) | 4,079 |
| Fin | Impossible. | 4,079 |

Les mesures avec le chlorure de carbone ne diffèrent entre elles que de 0,1 pour 100; elles doivent donc être considérées comme identiques, aux erreurs de mesure près. Avec l'eau au contraire les erreurs atteignent plusieurs centièmes et même, dans le cas de la blende fine, les mesures ont été rendues impossibles par la trop grande quantité de matière qui venait flotter sur le ménisque.

Une dernière série d'expériences a été faite sur de la limaille d'acier pour comparer différents liquides.

| | | Erreur pour 100. |
|---|---|---|
| Eau | 7,720 | 1,3 |
| Alcool à 90° | 7,785 | 0,5 |
| Toluène | 7,788 | 0,4 |
| Benzène | 7,822 | » |
| Essence minérale | 7,819 | » |
| Tétrachlorure | 7,818 | » |

Les trois derniers nombres diffèrent entre eux de 0,06 pour 100, c'est-à-dire d'une quantité inférieure aux erreurs de mesure. Les trois liquides : benzène, essence minérale et tétrachlorure de carbone conviennent donc également pour la détermination des densités. L'eau au contraire ne doit jamais être employée.

SPECTROSCOPIE. — *Sur une formule de réduction des spectres prismatiques.* Note de M. **Maurice Hamy.**

J'ai montré antérieurement (¹) comment on est conduit à l'expression générale

$$(1)\qquad \lambda - \lambda_1 = \frac{l - l_1}{A_0 + A_1(l - l_1) + A_2(l - l_1)^2 + \ldots + A_n(l - l_1)^n},$$

pour calculer les longueurs d'ondes des raies inscrites sur un spectrogramme prismatique, $A_0$, $A_1$, ..., $A_n$ désignant des constantes et $l - l_1$ la distance, mesurée sur le cliché, d'une raie quelconque de longueur d'onde $\lambda$ à une raie de longueur d'onde $\lambda_1$ choisie comme origine.

Pratiquement, les constantes A se déterminent en écrivant que l'équation (1) est vérifiée par les données d'observations relatives à $n+1$ raies, autres que la raie origine. On est ainsi ramené à $n+1$ équations linéaires à $n+1$ inconnues. Pour les résoudre, on les combine entre elles de façon à obtenir un nouveau système dans lequel la première équation renferme $n+1$ inconnues, la seconde $n$, la troisième $n-1$, etc. On arrive ainsi, en général, beaucoup plus rapidement au résultat qu'en appliquant les formules de Cramer.

(¹) *Comptes rendus*, t. 160, 1915, p. 701. Je signale ici un erratum : l'expression de $A_1$, donnée en haut de la page 704, doit être précédée du signe —.

Si l'on veut faire concourir toutes les observations à la détermination des coefficients, il convient de mettre l'équation (1) sous la forme

$$\lambda - \lambda_1 = \frac{l - l_1}{a_0 + a_1 l + a_2 l^2 + \ldots + a_n l^n},$$

où $l$ désigne la distance d'une raie quelconque, de longueur d'onde $\lambda$, à une origine arbitraire, et $l_1$ la distance de la raie de longueur d'onde $\lambda_1$ à cette même origine. On regarde alors $l_1$ comme une inconnue à déterminer au même titre que $a_0, a_1, \ldots, a_n$. Les calculs achevés, on revient à la forme (1).

Dans les applications, on constate que l'équation (1) représente déjà remarquablement les observations, même en prenant simplement $n = 2$, tout au moins quand le prisme est placé au minimum de déviation, pour la région moyenne du spectrogramme. Or, dans cette hypothèse, si $\lambda_1$ correspond à la raie pour laquelle le prisme est dans la position du minimum, $l - l_1$ est alors très sensiblement proportionnel à la différence des indices relatifs aux longueurs d'ondes $\lambda$ et $\lambda_1$. Il s'ensuit que la différence $\lambda - \lambda_1$ peut aussi se représenter par une équation de la forme (1), en fonction de la différence des indices correspondants de la matière du prisme, en déterminant convenablement les constantes.

Supposant donc que $l - l_1$ représente soit une distance de raies, soit une différence d'indices, nous nous proposons de montrer comment on peut tirer explicitement, de l'équation (1), la valeur de $l - l_1$, en fonction de $\lambda - \lambda_1$, question qui se présente souvent dans les applications.

L'opération est fondée sur la remarque suivante :

Quand on néglige $A_2, \ldots, A_n$, l'équation (1) se réduit à une formule qui ne diffère pas de celle qui a été indiquée par Cornu, pour représenter la dispersion prismatique. Or, l'expression de Cornu donne des résultats déjà très approchés, dont l'erreur relative est inférieure au centième. Il s'ensuit que, pour toutes les valeurs de $l - l_1$ qu'on a à considérer dans la pratique, le rapport

$$\frac{A_2(l - l_1)^2 + \ldots + A_n(l - l_1)^n}{A_0}$$

est petit, $A_1 y$ ne dépassant pas l'ordre de grandeur de $A_0$. Cela étant, posons

$$\lambda - \lambda_1 = x, \qquad l - l_1 = y, \qquad f(y) = A_2 y^2 + \ldots + A_n y^n,$$

et appelons $y_1$ la valeur de $y$ qu'on déduit de l'équation (1) quand on

supprime les termes en $A_2$, $A_3$, ..., $A_n$. On a alors

$$x = \frac{y}{A_0 + A_1 y + f(y)} = \frac{y_1}{A_0 + A_1 y_1} = \frac{y - y_1}{A_1(y - y_1) + f(y)}.$$

On tire de là

$$y_1 = \frac{A_0 x}{1 - A_1 x}$$

et

$$\frac{y - y_1}{y_1} = \frac{f(y)}{A_0}.$$

Posant

$$\varepsilon = \frac{y - y_1}{y_1}$$

et écrivant $f$, $f'$, ... à la place de $f(y_1)$, $f'(y_1)$, ..., la dernière équation devient

$$\varepsilon = \frac{f}{A_0}\left(1 + \varepsilon \frac{y_1 f'}{f} + \frac{\varepsilon^2}{1.2} \frac{y_1^2 f''}{f} + \ldots\right).$$

De là on peut tirer $\varepsilon$ par la série de Lagrange procédant suivant les puissances de $\frac{f}{A_0}$ qui est une petite quantité, comme nous l'avons fait déjà observer. Faisant

$$\alpha = \frac{f}{A_0}, \qquad \Phi(z) = 1 + z\frac{y_1 f'}{f} + \frac{z^2}{1.2}\frac{y_1^2 f''}{f'} + \ldots,$$

on a

$$\varepsilon = \sum_{n=0}^{n=\infty} \frac{\alpha^{n+1}}{1.2\ldots(n+1)} \left(\frac{d^n}{dz^n}\Phi_{(z)}^{n+1}\right)_{z=0}.$$

Pratiquement, il suffit de retenir les trois ou quatre premiers termes de la série, vu la petitesse de $\alpha$.

En particulier, si l'on se contente de trois termes en dénominateur, dans l'équation (1), on a

$$f(y) = A_2 y^2, \qquad y_1 = \frac{A_0}{\frac{1}{\lambda - \lambda_1} - A_1}, \qquad \alpha = \frac{A_2 y_1^2}{A_0},$$

$$t - t_1 = y_1(1 + \alpha + 2\alpha^2 + 8\alpha^3 + \ldots).$$

Dans les applications que j'ai eu à faire de cette formule, le terme en $\alpha^3$ était presque complètement négligeable.

BOTANIQUE. — *Les variétés de Vanille.* Note de MM. **Costantin** et **Bois.**

L'étude des variétés de la Vanille constitue une partie importante de l'histoire de cette plante, à cause de son intérêt économique; cependant cette question a été jusqu'ici l'objet de peu de recherches. Dans une Note précédente (¹), nous avons été conduits à rattacher au type du *Vanilla planifolia* trois formes qui étaient cultivées à Tahiti sous les noms de type *Mexique*, de type *Tahiti* et de type *Tiarei*.

Parmi les botanistes qui ont étudié la question qui nous préoccupe, nous devons surtout mentionner Schiede, qui a exploré soigneusement le Mexique au début du XIXe siècle et qui a publié en 1829 un travail (²) donnant les résultats de ses patientes observations. Il y mentionne quatre Vanilles qu'il désigne sous les noms de *Vanilla sativa*, *V. sylvestris*, *V. Pompona* (³) et *V. inodora* (⁴).

Les deux premières méritent seules de retenir notre attention. La quatrième a pu être confondue avec le type sauvage de la Vanille cultivée, mais l'examen de la morphologie de la fleur conduit à l'opinion que c'est une espèce distincte (⁵), sans aucun intérêt cultural.

---

(¹) Costantin et Bois, *Sur trois types de Vanilles commerciales de Tahiti* (*Comptes rendus*, t. 161, 1915, p. 196).

(²) Schiede, *Botanische Berichte aus Mexico* (*Linnæa*, t. IV, 1829, p. 573). La lettre constituant ce travail avait été écrite de Misantla, en 1820.

(³) C'est le Vanillon surtout employé en parfumerie. C'est le *Baynilla pompona* des Hispano-Mexicains. Il est riche en huile éthérée, dit Schiede, et ne se laisse pas sécher pour être envoyé en Europe.

(⁴) L'histoire du *V. inodora* Schiede est intéressante à rappeler, car cette espèce a été confondue avec la Vanille cultivée ou aromatique, caractérisée tout particulièrement par son parfum. La preuve qu'elle peut être confondue avec cette dernière se trouve dans les noms qui lui ont été donnés, notamment de *Vanilla aromatica* par Swartz en 1799; ce nom, qui est le plus ancien, a été conservé par Cogniaux (*Flora Brasiliensis*, t. III, IV, p. 149), bien qu'il soit tout à fait inexact, puisque le fruit n'est pas aromatique, justifiant aussi le qualificatif d'*anaromatica* de Grisebach (*Fl. Brit. W. Ind.*, 1864, p. 638) et celui d'*inodora* de Schiede (nom plus ancien qui doit être conservé : opinion adoptée par Rolfe, *Journ. of Linnæan Soc. Bot.*, t. 32, 1896, p. 449). C'est le *Baynilla de puerco*, de la région de Misantla, espèce distincte bien reconnue par les indigènes.

(⁵) Le labelle est complètement dépourvu de crête ou d'appendices en touffes, tandis que le labelle du *Vanilla planifolia* est pourvu de crêtes disposées longitudinalement sur le lobe terminal et d'un petit tubercule ovoïdo-sphérique sur la partie basilaire

Les deux premiers types de Schiede méritent, d'après lui, d'être distingués comme espèces. Le premier est le *Baynilla mansa* des Hispano-Mexicains, caractérisé par ses *feuilles oblongues*, son fruit non sillonné; c'est la meilleure Vanille, seule cultivée véritablement au Mexique (sud du Mexique : Papantla, Misantla, Colipa) ([1]). Le deuxième type est le *Baynilla cimarrona* des Hispano-Mexicains, caractérisé par ses *feuilles oblongues-lancéolées*, sur fruits bisillonnés (sud du Mexique : Papantla, Nantla, Colipa) ([2]).

L'opinion de Schiede, qui sépare le *Vanilla sylvestris* comme une espèce distincte du *Vanilla sativa* ou Vanille cultivée, a été admise par quelques bons auteurs, notamment par Spach, Ch. Morren et Hemsley ([3]).

Delteil ([4]), plus récemment, examine plutôt la question en technicien qu'en botaniste. Il traduit pour nous les opinions des indigènes. Il distingue

---

et médiane du disque; ce dernier tubercule est formé de lamelles triangulaires frangées au bord supérieur, elles sont rapprochées les unes à côté des autres en une masse ovoïde. La colonne du *V. planifolia* est poilue antérieurement (elle est glabre dans le *V. inodora*).

([1]) D'après les renseignements que nous a fournis M. Diguet, voyageur du Muséum, qui a exploré, à plusieurs reprises, le Mexique, la Vanille est l'objet d'une grande culture intensive dans l'État de Vera-Cruz. Deux colonies françaises y font notamment cette culture dans des régions séparées par une vallée : à Jamiltepec (ce sont des Basques) et à San-Raphaël. D'autre part, la Vanille est exploitée dans les forêts par une semi-culture. Les indigènes, les Indiens surtout, propagent les plantes qui paraissent les meilleures dans les forêts et même autour de leurs habitations. Ils donnent aux gousses les soins les plus méticuleux en vue de la vanillation. Leur habileté est très grande; ils ont une pratique très remarquable qu'ils se transmettent de générations en générations, probablement d'après les anciennes traditions mexicaines et précolombiennes. L'instinct appliqué de l'Indien se révèle notamment pour surveiller la fermentation. Les données précédentes s'appliquent surtout pour l'État d'Oaxaca, sur les versants Atlantique aussi bien que Pacifique. Sur tout le versant du Pacifique : Oaxaca, Guerero, Mitchoacan, Colima, Jalisco et dans la terre chaude côtière littorale, la Vanille est exploitée de la même façon en demi-culture.

([2]) Schiede mentionne la *Baynilla mestiza*, qui n'est qu'un fruit intermédiaire entre le *V. sativa* et le *V. sylvestris*, aussi bien par la forme que par la qualité.

([3]) Spach, *Hist. des Végétaux*, t. 12, p. 190-191; Charles Morren, *Bull. Acad. Belgique*, t. 17, Part. I, p. 119; Hemsley, *Biologia Centrali-Americana Bot.*, t. 3, p. 294. Ce dernier admet : *V. inodora*, *planifolia*, *pompona*, *sativa* et *sylvestris*. Il est à remarquer que les types de Schiede n'avaient pas été définis par les fleurs.

([4]) Delteil (*La Vanille, sa culture et sa préparation*, 1897, p. 37) a mentionné la *Vanilla mestiza*, à fruits plus ronds. Il note aussi la *Vanilla puerca* (Vanille cochon) dont l'odeur est désagréable.

nettement ce qu'il appelle la *simarona* (cimarrona de Schiede) ou Vanille sylvestre, Vanille sauvage et la Vanille commerciale ou *corriente* (¹).

La discussion précédente nous a semblé intéressante parce qu'il nous a paru, par nos études sur les Vanilles de Tahiti, que trois formes que nous avons pu étudier récemment, *Tahiti*, *Tiarei* et *Haapape*, se rattachaient au groupe *sylvestris*. En effet, dans ces types, les feuilles sont nettement *oblongues-lancéolées;* elles s'atténuent *progressivement* à leur sommet en pointe aiguë, au lieu d'être *oblongues ovales*, *arrondies au sommet* et mucronées, comme nous l'avons signalé en 1915 pour la forme connue sous le nom de *Mexique* à Tahiti (²).

Grâce à l'intervention de M. Prudhomme, directeur du Jardin colonial, et grâce à l'aide de l'Administration du Ministère des Colonies, nous avons pu compléter notre documentation sur les variétés de Vanille de Tahiti, dont la connaissance offre une importance véritable au point de vue cultural et commercial.

D'après les nouveaux échantillons envoyés en 1916 nous avons constaté que l'étroitesse des feuilles du *Tiarei* par rapport à celles du *Tahiti* n'est pas constante; mais ce qui distingue ces deux races, c'est le fruit, plus petit dans le *Tahiti*. Nous avons pu comparer les fleurs de ces deux formes (car celles du *Tiarei* manquaient dans le premier envoi de 1914).

L'examen des fleurs de quatre types : *Mexique*, *Tahiti*, *Tiarei* et *Haapape*, nous a conduit à retrouver les mêmes caractères avec des variations de détail; partout le lobe antérieur du labelle a des crêtes disposées en séries longitudinales; partout le disque, dans la région basiliaire et médiane, présente une touffe de lames frangées formant une masse ovoïde; partout la colonne est poilue antérieurement.

Le type *Mexique* se distingue cependant des trois autres par son labelle relativement peu frangé au bord et par ses feuilles oblongues ovales, arrondies vers l'extrémité qui se termine par un petit mucron. Les trois autres types ont des feuilles oblongues lancéolées et un labelle très frangé

---

(¹) La Vanille corriente, Vanille lec ou aromatique a cinq variétés : *a*, charnue et longue; *b*, *V. chica fina*, moitié plus longue; *c*, *V. saccata* à peau plus fine que la première; *d*, *V. resecata*, petite sèche, le quart de la longueur précédente; *e*, *V. basura*, tout à fait inférieure.

(²) Il est à remarquer que le type de *V. planifolia* décrit par Andrews (*Botanic Repository*, t. VIII, 1808, pl. 538) se rattache au type *sylvestris* par la forme de ses feuilles et par les franges accentuées du labelle (voir plus loin).

à dents nombreuses et aiguës. On peut résumer ceci par le Tableau suivant des types de Tahiti :

*Vanilla planifolia* Andrews : var. *sativa* (V. Mexique).
» var. *sylvestris*.
» sous-variétés *angusta nobis*, Tahiti.
» » Tiarei.
» » Haapape.

L'histoire de la naissance de ces variétés est éclairée par les renseignements que nous possédons grâce à M. Ahnne, président de la Chambre d'Agriculture (lettre de Papeete, 16 février 1916). C'est depuis 50 à 60 ans que la Vanille est cultivée dans l'île; il n'y avait d'abord que deux variétés : *Mexique* et *Tahiti*. Le premier type était considéré comme le *V. planifolia ;* quant au second, « d'aucuns pensent au *pompona*, mais sa détermination n'avait jamais été faite d'une manière précise ».

Nous avons indiqué plus haut que cette manière de voir n'est nullement fondée et que le *V. Pompona* est une espèce très distincte et entièrement différente.

La variété *Tahiti* produit des gousses plus courtes et d'un parfum moins estimé que la forme *Mexique*. « Cependant, dit M. Ahnne, elle est beaucoup plus appréciée de nos planteurs, car ses gousses ont le plus grand avantage de ne point s'ouvrir quand elles parviennent à maturité ; on peut sans inconvénient les laisser noircir sur pied. Après la cueillette, elles restent souvent entassées dans une chambre avant d'être exposées au soleil, et cela pendant 2 ou 3 semaines. Bref, cette Vanille semble faite pour notre pays où la main-d'œuvre est rare et l'indolence des indigènes très grande. » La Vanille type *Mexique* exige beaucoup plus de soins ; « elle se fend presque toujours dès qu'elle commence à jaunir et il faut la traiter immédiatement par l'eau chaude, soit par l'exposition au soleil. »

Les deux types *Tiarei* et *Haapape* ont fait leur apparition « sans qu'il y ait eu aucune importation de nouvelles boutures » dans l'archipel. Les fruits du *Tiarei* (nom du district où l'on constata d'abord sa présence, il y a une dizaine d'années) étaient beaucoup plus longs et de beaucoup plus de valeur; malheureusement cette variété « ne portait que de rares inflorescences, peu fournies et demandait, pour fleurir, à être soigneusement descendue et même taillée ».

Le type *Haapape* a fait son apparition depuis 2 années (originaire d'un district voisin), est « beaucoup plus prolifique, il fleurit deux fois l'an et se couvre d'inflorescences ».

Une expertise commerciale (¹) a appris qu'au point de vue commercial « les trois types *Tahiti*, *Tiarei* et *Haapape* avaient exactement la même valeur. Ces trois échantillons ont, en effet, le même parfum d'héliotrope, particulier à la Vanille de Tahiti (²) ».

« Le type *Mexique* paraît présenter le plus sérieux intérêt et se rapprocher de la Vanille genre Bourbon. Il semble probable que cette Vanille bien préparée givrerait convenablement (³). »

Les données fournies par cette expertise présentent le plus grand intérêt au point de vue de l'évolution économique de notre colonie océanienne, puisque Tahiti produit les $\frac{2}{3}$ de la récolte mondiale de ce fruit.

La qualité n'a pas jusqu'ici répondu à la quantité, mais il semble, d'après ce que l'on vient de lire, que la qualité pourrait être améliorée d'une manière appréciable : 1° en entreprenant de vastes cultures du type Mexique ; 2° en soignant la préparation. Pour arriver au succès, il faudrait parvenir à secouer l'indolence des indigènes qui cultivent un produit inférieur parce qu'il leur donne moins de peine. En changeant ces traditions, on parviendrait à donner de l'essor à la colonie (⁴).

---

(¹) Expertise faite par M. Maurice Simon, expert du Ministère des Colonies. Un goût de forte fermentation constituant une véritable avarie a gêné fortement l'expertise.

(²) Leur valeur était, en France, en septembre 1916, 18fr à 20fr le kilogramme (2fr,08 de droits de douane compris), tandis qu'à Papeete leur prix ne devait guère dépasser 15fr.

(³) Avec une bonne préparation, d'après l'expert, « la valeur de cette Vanille pourrait être comparable à celle des types similaires de l'océan Indien et atteindrait actuellement 25fr à 27fr le kilogramme ». La Vanille est actuellement en baisse par suite de très fortes récoltes annoncées de l'océan Indien.

(⁴) Nous remarquons, en terminant, que nous n'avons pu avoir de renseignements sur les Vanilles des Philippines, d'où le type *Tahiti* était probablement venu. M. W.-E. Cobey (Acting Director of Agriculture à Manille), dans une lettre du 16 octobre 1915, dit : « Il n'y a pas, à ma connaissance aux Philippines, d'espèces de Vanille autre que celles introduites récemment d'autres régions tropicales à titre expérimental. » Nous n'avons donc pu avoir de renseignements sur le *Vanilla majaijensis* de Blanco (Voir Costantin et Bois, *Comptes rendus*, t. **161**, 1915, p. 196). Selon M. Macmillian (superintendant du Jardin botanique de Peradenya) (lettre du 11 décembre 1915), « seul le *Vanilla planifolia* est cultivé à Ceylan, mais on trouve cependant à une faible altitude, dans la jungle, une espèce sauvage, appelée *Vanilla Moonii* ».

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les zéros de $\zeta(s)$ de Riemann.* Note de M. C. DE LA VALLÉE POUSSIN.

Je me propose de démontrer le théorème suivant : *Soient $a$ une constante $> \frac{3}{4}$ mais $\leqq 1$, $\varepsilon$ une constante positive aussi petite qu'on veut ; le nombre des racines de $\zeta(s)$ qui sont d'ordre impair et de la forme* $1 + ti$, *où l'on a* $T < t < T + T^a$, *est infini avec* $T$ *et d'ordre plus élevé que* $T^{a-\frac{3}{4}} : \log T$. En particulier, *le nombre des racines où $t$ est compris entre* $T$ *et* $(1+\varepsilon)T$ *est d'ordre supérieur à* $T^{\frac{1}{4}} : \log T$.

La démonstration de ma Note précédente (¹) se rattachait immédiatement aux idées de M. Hardy. Celle-ci se rattache plus directement aux idées de M. Landau (²); elle a l'avantage de s'appliquer aux fonctions liées à une progression arithmétique, auxquelles on peut donc étendre le théorème que je viens d'énoncer.

1. L'équation (1) de ma dernière Note peut s'écrire comme il suit :

$$\frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty} e^{\alpha t}\rho(t)\,dt = -e^{-\frac{\alpha i}{2}} + 2e^{\frac{\alpha i}{2}}\sum_{1}^{\infty} e^{-n^2\pi e^{2\alpha i}}. \tag{1}$$

J'y remplace $\alpha$ par $\alpha - 2\beta i$ $(\beta > 0)$. Le module du second membre est inférieur à la somme de ceux des termes, donc à

$$e^{-\beta} + 2e^{\beta}\sum_{1}^{\infty} e^{-n^2\pi e^{4\beta}\cos 2\alpha} < e^{-\beta} + 2e^{\beta}\int_{0}^{\infty} e^{-x^2\pi e^{4\beta}\cos 2\alpha}\,dx$$
$$< e^{-\beta} + \frac{e^{-\beta}}{\sqrt{\cos 2\alpha}} < \frac{2e^{-\beta}}{\sqrt{\cos 2\alpha}}.$$

J'écris que la partie imaginaire du premier membre de (1) est inférieure à cette limite ; il vient

$$\left|\frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty} e^{\alpha t}\sin(2\beta t)\,\rho(t)\,dt\right| < \frac{2e^{-\beta}}{\sqrt{\cos 2\alpha}} \qquad \left(\alpha < \frac{\pi}{4}\right). \tag{2}$$

---

(¹) *Comptes rendus*, t. 163, 1916, p. 418.

(²) *Math. Ann.*, B. 26, p. 212-243. J'utilise quelques procédés de raisonnement de M. Landau.

2. Je considère une fonction bornée impaire, $\varphi(t)$, de période $\tau$, exprimée en série trigonométrique

$$\varphi(t) = b_1 \sin\frac{2\pi t}{\tau} + b_2 \sin\frac{4\pi t}{\tau} + \ldots + b_n \sin\frac{2n\pi t}{\tau} + \ldots,$$

telle que le produit $|nb_n|$ soit $\leqq h$ donné quel que soit $n$. Alors, par l'addition d'inégalités comprises dans (2), j'obtiens [1]

$$(3) \qquad \left|\frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty} e^{\alpha i}\varphi(t)\rho(t)\,dt\right| < \frac{2h}{\sqrt{\cos 2\alpha}}\sum_{1}^{\infty}\frac{1}{n}e^{-\frac{n\pi}{\tau}} < \frac{2h\log k\tau}{\sqrt{\cos 2\alpha}},$$

où $k$ est une constante convenable, car on a

$$\sum_{2}^{\infty}\frac{1}{n}e^{-\frac{n\pi}{\tau}} < \sum_{2}^{\infty}\frac{1}{n\left(1+\frac{n\pi}{\tau}\right)} < \int_{1}^{\infty}\frac{dx}{x\left(1+\frac{\pi x}{\tau}\right)} = \log\left(1+\frac{\tau}{\pi}\right).$$

3. Voici maintenant la définition de $\varphi(t)$. Je me donne les nombres $\varepsilon > 0$, $a > \frac{3}{4}$ et $\leqq 1$, $b > 1$, enfin T assez grand pour que $T^b$ soit $> T + \varepsilon T^a$. Je prends la période $\tau = 2T^b$ et je définis $\varphi(t)$ dans la demi-période $(0, T^b)$ en posant $\varphi(t)$ égale à l'unité du signe de $\rho(t)$ dans l'intervalle $(T, T+T^a)$ et en annulant $\varphi(t)$ dans les deux intervalles restants. Le coefficient $b_n$ s'exprime par une intégrale de forme connue, dont le calcul est aisé et donne

$$|nb_n| < 4\nu : \pi,$$

$\nu - 1$ étant le nombre des changements de signe de $\varphi(t)$ dans la demi-période, c'est-à-dire celui des racines d'ordre impair de $\varphi(t)$ entre T et $T+\varepsilon T^a$. Portons la valeur que nous venons ainsi d'obtenir pour $h$ dans (3), il vient

$$(4) \qquad \left|\frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty} e^{\alpha t}\varphi(t)\rho(t)\,dt\right| < \frac{8\nu\log(2kT^b)}{\pi\sqrt{\cos 2\alpha}}.$$

4. Je pose $\alpha = \frac{\pi}{4} - \frac{1}{T}$ dans (4) et je fais tendre T vers l'infini. La démonstration résulte de la comparaison de l'ordre d'infinitude des deux membres. Cet ordre est apparent dans le second membre, qui devient infini comme $\nu\sqrt{T}\log T$. Examinons le premier membre.

Il se réduit à la somme des intégrales dans les intervalles $(T, T+\varepsilon T^a)$,

[1] L'intégration de la série terme à terme se justifie facilement, parce que les sommes partielles sont bornées en vertu d'un théorème de M. Fejér.

$(T^b, \infty)$ et leurs deux symétriques ($\varphi$ s'annulant ailleurs). On peut négliger ces deux symétriques où l'intégrale tend visiblement vers zéro. Je dis qu'on peut aussi négliger l'intervalle $(T^b, \infty)$.

En effet, pour $t$ infiniment grand, $\left|\Gamma\left(\frac{1}{4}+\frac{ti}{2}\right)\right|$ est de l'ordre de $t^{-\frac{1}{4}}e^{-\frac{\pi t}{4}}$ et $\zeta\left(\frac{1}{2}+ti\right)$ est au plus de l'ordre de $\sqrt{t}$. On peut donc assigner une constante A telle qu'on ait

$$\int_{T^b}^{\infty} e^{\alpha t}|\rho(t)|\,dt = \int_{T^b}^{\infty} e^{\alpha t}\pi^{-\frac{1}{4}}\left|\Gamma\left(\frac{1}{4}+\frac{ti}{2}\right)\zeta\left(\frac{1}{2}+ti\right)\right|dt < A\int_{T^b}^{\infty} t^{\frac{1}{4}}e^{-\frac{t}{T}}\,dt;$$

et $b$ étant $> 1$, cette expression tend vers zéro avec $1 : T$.

En définitive, pour T infini, le premier membre de (4) se réduit à

$$\frac{1}{2\pi}\int_{T}^{T+\varepsilon T^a} e^{\alpha t}|\rho(t)|\,dt > B\int_{T}^{T+\varepsilon T^a} \frac{\left|\zeta\left(\frac{1}{2}+ti\right)\right|dt}{t^{\frac{1}{4}}e^{\frac{t}{T}}}$$
$$> \frac{Be^{-\frac{T+\varepsilon T^a}{T}}}{(T+\varepsilon T^a)^{\frac{1}{4}}}\left|\int_{T}^{T+\varepsilon T^a} \zeta\left(\frac{1}{2}+ti\right)dt\right|,$$

où B est une constante positive. Or cette intégrale de $\zeta(s)$ effectuée sur la verticale $\sigma=\frac{1}{2}$ ne diffère de celle effectuée entre les mêmes limites sur $\sigma=\frac{3}{2}$ (dont la valeur principale est $\varepsilon T^a$) que par les intégrales sur les horizontales de raccord (qui sont $< \sqrt{T} < T^a$). Cette intégrale a donc pour valeur principale $\varepsilon T^a$. La dernière expression, où $a \lesseqgtr 1$, est donc infinie d'un ordre égal ou supérieur à $T^{a-\frac{1}{4}}$. Tel est aussi l'ordre d'infinitude du premier membre de (4). Cet ordre ne peut être plus élevé que celui du second, qui est $v\sqrt{T}\log T$. Donc $v$ est au moins de l'ordre de $T^{a-\frac{3}{4}} : \log T$, et ceci n'est possible avec un $\varepsilon$ arbitraire que si $v$ est d'ordre plus élevé. C'est le théorème énoncé au début [1].

---

[1] Je signale, en terminant, une faute d'impression dans l'énoncé du théorème qui termine ma précédente Note (p. 421). On lit $\rho_n > (2n-1)^2$. Il faut changer le sens de cette inégalité.

GÉOLOGIE. — *Sur l'âge exact de la « Plaine des Rocailles » près la Roche-sur-Foron (Haute-Savoie) et sur les stades fluvioglaciaires du Genevois-Faucigny.* Note [1] de M. W. KILIAN.

De nouvelles observations effectuées dans la région sulbalpine et jurassienne, qui s'étend de Bellegarde (Ain) à Bonneville et Annecy (Haute-Savoie), me permettent de compléter, de préciser et de rectifier sur certains points les conclusions publiées antérieurement par moi [2] sur l'existence et l'étendue des complexes fluvioglaciaires dans cette partie de la France et de mettre en évidence le rôle important qu'a joué dans l'histoire des temps quaternaires la ride anticlinale « tronçonnée » Salève-Cruseilles-Lovagny.

Ainsi que je l'ai démontré précédemment, il est possible de reconnaître dans cette région, outre des traces de glaciations antérieures, indiquées par des ruptures de pente du profil transversal particulièrement nettes dans la cluse du Rhône à Fort-l'Écluse, dans la vallée de la Filière près de Thorens et dans celle du Borne en amont de Saint-Pierre-de-Rumilly (épigénies et « verroux » de divers âges), des dépôts morainiques et fluvioglaciaires appartenant aux complexes suivants :

A. *Stade de la fin de la glaciation würmienne* [3] (= Würm II) représenté :

*a*. Pour le glacier du Rhône, à l'Ouest, par les moraines frontales des environs de Bellegarde, attribuables à une branche du glacier ayant franchi le passage de Fort-l'Écluse, et, plus à l'Est, par le très remarquable

---

(1) Séance du 23 octobre 1916.

(2) W. KILIAN, *Contribution à l'histoire de la vallée du Rhône à l'époque pléistocène : Le défilé de Fort-l'Écluse (Ain)* (*Annales de Glaciologie*, t. 6, 1911, p. 31). — W. KILIAN, J. RÉVIL et M. LEROUX, *Histoire de la dépression du lac d'Annecy à l'époque pléistocène* (*Compte rendu sommaire des séances de la Société géologique de France*, n° 11, juin 1913). — W. KILIAN, *Les formations fluvio-glaciaires de la région du Faucigny (Haute-Savoie)* (*Compte rendu sommaire des séances de la Société géologique de France*, 9 novembre 1914).

(3) Le maximum de la glaciation würmienne s'est étendu, comme on le sait par les beaux travaux de M. Depéret, beaucoup plus à l'Ouest et a atteint les environs de Lyon (moraines de Lagnieu, etc.); le stade dont il s'agit ici est un *stade de retrait* postérieur.

« *vallum* » frontal (amphithéâtre morainique) continu, à pente douce vers Frangy-les-Usses et talus raide vers Saint-Julien et le Léman, observable entre le Vuache et le Salève, auquel appartient le Mont-de-Sion (1);

*b.* Pour le glacier de l'Arve par le Glaciaire de Monthoux, de Saint-Jeoire, de Faucigny et par celui de la région des Bornes (Saint-Laurent-Menthonnex, la Chapelle-Rambaud) et les moraines des environs sud-est de Cruseilles;

*c.* Pour le glacier de l'Isère-Doron-Arly, par les moraines des environs d'Annecy, Alby et Rumilly. Ces dépôts glaciaires sont accompagnés d' « alluvions de progression » et « d'alluvions de fonte » subordonnées [Bellegarde, vallée des Usses (2), Frangy, Jussy, près Cruseilles, Brassilly près d'Annecy, Rumilly]. Les *alluvions de retrait* (520m) de Couvette-Findrol et Fillinges (Vallée de la Menoge) datent de la phase de régression de ce stade.

B. Un *stade néowürmien*, en contrebas des « seuils de débordement » glaciaires, les glaciers restant désormais confinés dans des cuvettes terminales bien délimitées, comprenant :

*a.* Pour le glacier du Rhône, la partie sud du bassin du Léman (basses moraines du pied du Jura, de Collonges, Valleyry, Saint-Julien, du Bois de la Bathie), ne s'écoulant plus que par le seul défilé de Fort-l'Écluse où elles recouvrent des dépôts interstadiaires, ainsi que le « Glaciaire inférieur » de Thonon (Jacob). — Dans le bassin du lac Léman : les complexes würmien et néowürmien peuvent encore être nettement distingués entre Collonges et Crassier; au nord-ouest et au nord de Genève, aux environs de Gex et de Divonne; à Gex, de *belles moraines locales* descendant du Jura se montrent en connexion avec les formations néowürmiennes les plus récentes;

*b.* Pour le glacier de l'Arve, les moraines de Saint-Laurent, de la gare

(1) La moraine du Mont-de-Sion appartient nettement, ainsi que l'ont encore récemment fait remarquer MM. Favre et Joukowsky, au Glaciaire *rhodanien*. A l'époque würmienne les moraines frontales du glacier de l'Arve ne rejoignaient ce dernier (par la région de Menthonnex, la Chapelle-Rambaud et Cruseilles) qu'au sud du Mont-de-Sion et de l'extrémité méridionale du Salève. Les moraines du Mont-de-Sion elles-mêmes appartiennent donc nettement au complexe rhodanien et non, comme nous l'avions cru un moment, à celui de l'Arve.

(2) Cette vallée correspond à une *dépression périphérique* extérieure au *vallum de stationnement* du Mont-de-Sion; le Glaciaire y offre déjà des intercalations d'alluvions de fonte.

de la Roche-sur-Foron, de Marcinge, de Loisinge, de Findrol, de Saint-Sixt, etc.;

*c*. Pour les environs d'Annecy, les moraines de Veyrier, de Sevrier et de la Balme de Sillingy; vers l'aval ces moraines néowürmiennes se montrent, dans la vallée de l'Arve, en relations avec des *terrasses de progression* qu'elles ont en partie recouvertes dans un mouvement de récurrence et avec des *terrasses d'ablation* auxquelles les relie généralement un cône de transition. On peut observer ces terrasses, pour les branches des glaciers de l'Arve et de la Menoge, aux environs du Pont-Notre-Dame [terrasses (460$^m$ à 500$^m$) d'Arthaz, de Reignier, de Vétraz, de Nangy].

Dans la vallée de l'Arve également la prodigieuse traînée de blocs [1] urgoniens de très grande taille, connue sous le nom de *Plaine des Rocailles* et qui, ainsi que l'a montré M. Delebecque, ne peut s'expliquer que par un gigantesque éboulement dont les débris ont été « convoyés » par le glacier du Borne et s'étendent des environs de Saint-Laurent jusqu'au nord-est de Reignier, se rattache à la période de retrait de cette récurrence néowürmienne équivalente du « stade d'Eybens » de P. Lory, dans le bassin de l'Isère, car on voit nettement, près de Saint-Ange et au Château de Pierre, près Findrol, ses derniers blocs encastrés dans le complexe qui se continue plus en aval par la terrasse d'Arthas (491$^m$). Ces formations sont contemporaines des complexes néowürmiens de Thorens, du bas Chéran (Pont-de-l'Abîme) et des environs de Chambéry-lac du Bourget, décrits par MM. Combaz et J. Révil.

C. *Un stade de retrait*, en contre-bas du précédente et témoignant d'une régression encore plus accentuée des appareils glaciaires :

*a*. Pour le glacier du Rhône, il faut en chercher les traces en amont de Genève et du Léman; pour le glacier de l'Arve, les moraines basses et

---

[1] Les énormes blocs calcaires de cette traînée, dont le plus septentrional (Château de Pierre, près Findrol) a été interprété comme un pointement urgonien en place par les auteurs de la feuille d'Annecy, se montrent par places nettement mélangés à des dépôts morainiques d'origine alpine. Au nord de Saint-Laurent on les voit distinctement former le couronnement d'un vallum glaciaire (moraine latérale) dont la partie profonde contient des blocs intra-alpins. Ils appartiennent à un *stade de retrait du glacier néowürmien* et dominent nettement d'autres moraines alpines (Saint-Pierre-de-Rumilly) situées en contre-bas et appartenant au stade suivant (C), bien que, par places, des glissements récents aient parfois fait descendre quelques blocs à un niveau inférieur.

« Drumlins » de la « cuvette terminale » de Bonneville aux environs de Scientrier et de Saint-Pierre-de-Rumilly et dans les parties basses des environs de la Roche-sur-Foron; elles ont, à l'aval, donné naissance à des terrasses alluviales situées à un niveau inférieur à celle d'Arthas et qualifiées de *postglaciaires* dans les environs de Genève (Moellesullaz, Gaillard, Pont-d'Etrembières, Annemasse, etc.), elles correspondent aux phases de retrait qui ont succédé à la récurrence néowürmienne du Bois de la Bathie et ont été en partie étudiées par M. André Delebecque.

D. Quant aux restes du *stade bühlien*, ils doivent être recherchés pour la vallée de l'Arve, en amont de Cluses, vers Sallanches, pour la vallée du Rhône, dans le bas Valais et pour celle de l'Arc à Chamousset.

Pour la branche d'Annecy, les dépôts de ce stade doivent être étudiés près de Faverges et Ugines, c'est-à-dire en amont du lac, et pour le glacier de Chambéry-Chapareillan, en amont de Montmélian où ils constituent à Chamousset un amphithéâtre très net et très bien conservé (Kilian et Révil).

E. Enfin des *stades encore plus récents* du glacier de l'Arve ont laissé des traces près des Houches et d'Argentière, il en est de même pour le glacier du Rhône (Haut-Valais), ainsi que pour ceux de la Tarentaise (Saint-Marcel, Tignes, Val-d'Isère) et de la Maurienne (stades de Saint-Michel, Thermignon, la Magdeleine) (¹).

L'*axe anticlinal* tronçonné, de calcaires mésozoïques (Salève-Cruseilles-Pont-de-la-Caille-Allonzier-Mandallaz-Lovagny), dont les irrégularités (décrochements, abaissements d'axe, etc.) ont été décrites par Maillard, par M. Schardt, puis par MM. Favre et Joukowsky, a joué un rôle important dans l'histoire des glaciers pléistocènes.

Un de ses ensellements a été franchi près de Cruseilles par une branche du glacier würmien de l'Arve, alors que la partie principale de ce glacier s'écoulait dans la direction de Rumilly en franchissant, près de Lovagny, la partie la plus basse de ce même bombement calcaire et en accumulant de ce côté ses alluvions de progression.

A l'époque néowürmienne ce même accident a joué un rôle directeur dans la disposition des cuvettes terminales et l'écoulement des fronts glaciaires; le glacier de l'Arve ayant écoulé ses alluvions de fonte par Etrembières en contournant l'extrémité

---

(¹) M. V. Novarese [*Il quaternario in val d'Aosta e nelle valli di Canavese* (*Boll. R. Comitato geol. d'Italia*, t. 45, 1916), et *Gli stadi postwürmiani nella Valle d'Aosta* (*La Geografia*, anno VI, febbraio-marzo 1916; Novara)] est arrivé à des conclusions fort analogues pour la vallée d'Aoste et ses résultats confirment de la façon la plus heureuse et la plus remarquable ceux que j'ai exposés en 1911 et complétés dans la présente Note, relativement aux oscillations glaciaires postwürmiennes.

du Salève et le glacier du lac d'Annecy s'étant épanché par une brèche de ce même axe anticlinal à la Balme de Sillingy.

Enfin c'est aux progrès de l'érosion régressive dans les calcaires urgoniens de ce même ridement, près de Lovagny, qu'est due, après le Néowürmien, l'émersion de la « Plaine des Fins » et la réduction du lac d'Annecy provoquée par l'épigénie du Fier.

A l'ouest de cette barrière naturelle, le glacier du Rhône édifiait, à la fin de l'époque würmienne, entre Salève et Vuache, le magnifique talus frontal (amphithéâtre morainique) du Mont-de-Sion et entre Vuache et Credo les vallums des environs de Bellegarde reposant sur les alluvions de progression des vallées des Usses et du Rhône, et s'écoulant, par de beaux *cônes de transition* fluvioglaciaires, par Frangy et Seyssel vers Culoz, tandis qu'à l'époque de la « récurrence néowürmienne » le *seul* passage de Fort-l'Ecluse servait d'issue au glacier réduit qui occupait encore le bassin du Léman (Bois de la Bathie, Saint-Julien, Collonges) [1].

Le prince **Bonaparte** fait hommage à l'Académie d'une lettre du botaniste marquis *de Saint-Simon* (1720-1799), auteur d'un Traité sur les Jacinthes, adressé au Secrétaire perpétuel, Grandjean de Fouchy, et dans laquelle il demande l'approbation de l'Académie qui lui manque et qui lui serait surtout agréable. Cette lettre est datée d'Amsterdam le 28 juillet 1768. Elle sera déposée dans les Archives.

## CORRESPONDANCE.

M. **Charles Le Morvan** adresse un Rapport sur l'emploi qu'il a fait de la subvention qui lui a été accordée sur le *Fonds Bonaparte* en 1915.

M^me^ **Marie Phisalix**, MM. **E. Esclangon**, **Jules Lemoine**, **Charles Perrier**, **Adolphe Richard** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

M. **André Gerard** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée aux travaux de feu **Eric Gerard**, son père.

M^me^ V^ve^ **Cusco** adresse également des remercîments à l'Académie.

---

[1] Voir W. Kilian, *loc. cit.* (*Annales de Glaciologie*, 1911).

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Bridge Engineering*, by J. A. L. Waddell. (Présenté par M. Lecornu.)

2° *Bref och Skrifvelser af och till* Carl von Linné, *med Understöd af Svenska Staten utgifna af* Upsala Universitet. Andra Afdelningen. Del I.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur les variations d'épaisseur d'une lame de caoutchouc sous l'influence d'un champ électrostatique.* Note de M. **L. Bouchet**, présentée par M. E. Bouty.

Dans une précédente Note ([1]), j'ai signalé que les isolants solides se dilatent normalement à un champ électrostatique. Mais, pour se faire une idée plus complète du phénomène, il est nécessaire de l'étudier dans la direction même des lignes de force; c'est ce que j'ai tenté de faire, en choisissant le caoutchouc comme substance déformable.

La matière, sous forme de rondelles de $15^{cm}$ de diamètre d'épaisseurs variables, est soudée sur une de ses faces, avec de la paraffine, à un disque en laiton; une feuille d'aluminium mince ou de papier d'étain est collée sur la face opposée. Si l'on crée un champ entre les armatures de ce condensateur, la rondelle isolante doit se déformer : 1° sous l'action des pressions électrostatiques, 2° à cette déformation *peut* se superposer une contraction ou une dilatation causée par une action directe du champ.

J'ai mesuré les variations d'épaisseur du caoutchouc, au moyen d'un système de franges localisées entre une lentille et un plan de verre, supporté par un tube d'ébonite, lequel est scellé au centre et normalement à la face du disque isolant recouverte de papier d'étain. Le condensateur est situé dans une position horizontale. Les contractions dues aux pressions électrostatiques sont calculées d'après les champs et les constantes apparentes élastiques et diélectriques obtenues par des mesures directes.

Soient $e$ l'épaisseur de caoutchouc, K sa constante diélectrique apparente, E son module d'Young, V la différence de potentiel entre les armatures et $\Delta e$ la variation d'épaisseur; on a pour la contraction provenant des pressions électrostatiques :

$$\Delta e = \frac{1}{E}\frac{KV^2}{8\pi e}.$$

([1]) *Comptes rendus*, t. 163, 1916, p. 169.

1. J'ai expérimenté sur deux disques de caoutchouc vulcanisé, sans charge minérale (para normal) et sur un autre échantillon de gomme pure non vulcanisée.

Les nombres qui suivent donnent les valeurs de $\Delta e$ calculées d'après l'expression ci-dessus et les contractions observées :

| K. | $\frac{1}{E}$. | Épaisseurs $e$. | Différences de potentiel (en unités électro-statiques). | $\Delta e$ calculés d'après les pressions électrostatiques. | $\Delta e$ observés (en centimètres). | Différences. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | N° 1. — *Para normal.* | | | |
| | | cm | 16,4 | $-2,05.10^{-6}$ | $-3,0.10^{-6}$ | $-0,95.10^{-6}$ |
| 4 | $3,1.10^{-8}$ | 0,65 | 27,6 | $-5,8$ | $-7,5$ | $-1,7$ |
| | | | 38,3 | $-11,0$ | $-15,0$ | $-4,0$ |
| | | | N° 2. — *Para normal.* | | | |
| | | | 16,4 | $-3,35.10^{-6}$ | $-4,5.10^{-6}$ | $-1,15.10^{-6}$ |
| 4 | $2,8.10^{-8}$ | 0,35 | 27,6 | $-8,7$ | $-10,5$ | $-1,8$ |
| | | | 38,3 | $-18,7$ | $-22,5$ | $-3,8$ |
| | | | N° 3. — *Gomme pure.* | | | |
| | | | 16,4 | $-5,4 .10^{-6}$ | $-5,1.10^{-6}$ | $+0,32.10^{-6}$ |
| 4? | $4,0.10^{-8}$ | 0,30 | 27,6 | $-16,25$ | $-19,5$ | $-3,25$ ? |
| | | | 38,3 | $-31,2$ | $-33,3$ | $-1,8$ |

Pour les deux premiers échantillons, les contractions observées sont plus grandes que les contractions calculées et, pour les champs établis entre les armatures, les différences, représentant l'effet direct du champ, croissent à peu près comme les carrés des différences de potentiel. Dans le cas du caoutchouc non vulcanisé, l'action propre du champ n'est pas manifeste; cela tient sans doute à ce que cette matière possède une conductibilité très appréciable. J'ai constaté sur cet échantillon une déformation résiduelle énorme.

2. Pour rendre plus probante l'action du champ, j'ai cherché à multiplier son effet; dans ce but, j'ai réalisé une série de cinq condensateurs superposés : cinq rondelles de caoutchouc, identiques, de $6^{mm},5$ d'épaisseur et de même provenance que l'échantillon n° 1, sont séparées alternativement par des disques en laiton; les plaques métalliques extrêmes sont soudées

aux rondelles adjacentes. En raison même du dispositif, l'effet relatif aux pressions électrostatiques est le même que dans l'expérience réalisée avec une seule rondelle.

En chargeant ce condensateur multiple, j'ai noté, pour des champs égaux à ceux que j'avais utilisés lors de la première expérience, et dans chaque cas, des déplacements de franges sensiblement doubles de ceux qu'a fournis le disque unique; ce qui correspondrait, en défalquant la contraction due aux pressions électrostatiques, à une action directe du champ, quatre à cinq fois supérieure à celles que donnent une rondelle unique dans la première expérience.

Ces dernières mesures confirment donc les résultats de l'expérience initiale. Il semble donc établi par là que, sous l'action d'un champ électrostatique, le caoutchouc vulcanisé se contracte dans la direction des lignes de force [1].

CHIMIE. — *Semicarbazones des acides α-cétoniques. Acides phénylbutyriques α-diiodé et α-dibromé; acides phénylcrotoniques α-iodés et α-bromés.* Note [2] de M. J. **Bougault**, présentée par M. Charles Moureu.

J'ai appliqué à la semicarbazone de l'acide benzylpyruvique la réaction (hypoiodites et hypobromites en milieu alcalin), dont il a été question dans ma Note précédente [3]. Les résultats obtenus sont du même ordre que ceux fournis par la semicarbazone de l'acide phénylpyruvique : on arrive aux acides phénylcrotoniques α-halogénés

$$C^6H^5-CH^2-CH=CX-CO^2H \quad (X=I \text{ ou } Br).$$

Mais, de plus, j'ai réussi à isoler les dérivés dihalogénés de l'acide saturé, savoir l'acide phénylbutyrique α-diiodé et son correspondant α-dibromé, confirmant ainsi le processus de la réaction tel que je l'ai indiqué dans ma Note précédente :

$$\begin{array}{l} C^6H^5.CH^2.CH^2.\underset{\substack{\| \\ N.NH.CO.NH^2}}{C}.CO^2H \rightarrow C^6H^5.CH^2.CH^2.CX^2.CO^2H \\ \rightarrow C^6H^5.CH^2.CH=CX.CO^2H \quad \text{(deux isomères)}. \end{array}$$

---

(1) Des expériences analogues faites sur le verre (disques de $4^{mm}$ d'épaisseur) n'ont révélé aucune déformation de cette substance.

(2) Séance du 23 octobre 1916.

(3) *Comptes rendus*, t. **163**, 1916, p. 363.

Je décrirai brièvement les nouveaux composés obtenus.

I. *Acide phénylbutyrique α-diiodé* $C^6H^5.CH^2.CH^2.CI^2.CO^2H$. — Dans l'action de l'iode sur la solution sodique, très alcaline, de la semicarbazone de l'acide benzylpyruvique, l'acide phénylbutyrique α-diiodé se dépose à l'état de sel de sodium peu soluble.

L'acide libre fond à 145°. Insoluble dans l'eau, il est très soluble dans l'alcool et l'éther.

La détermination du poids moléculaire par acidimétrie, le dosage de l'iode et l'obtention d'acide phénylbutyrique par le zinc et l'acide acétique, ne laissent aucun doute sur la formule attribuée à ce composé.

Son sel de sodium se dissout bien dans l'eau chaude, puis il se décompose rapidement à 100° avec mise en liberté d'acide iodhydrique

$$C^6H^5.CH^2.CH^2.CI^2.CO^2Na = C^6H^5.CH^2.CH = CI.CO^2H + NaI.$$

Il en résulte un précipité formé par les deux acides phénylcrotoniques α-iodés et contenant en outre un peu d'acide saturé diiodé non décomposé.

En solution dans un carbonate alcalin, la décomposition de l'acide diiodé devient complète et se poursuit même jusqu'à la formation d'acide benzylpyruvique.

II. *Acides phénylcrotoniques α-iodés* $C^6H^5CH^2.CH = CI.CO^2H$. — Les deux acides isomères (stable et labile) restent dans les eaux mères de la préparation de l'acide phénylbutyrique α-diiodé. On les obtient également en décomposant cet acide par un alcali faible, de préférence l'acétate de sodium.

On procède à la séparation des deux isomères en suivant les indications générales données dans ma Note précédente pour la séparation des acides cinnamiques α-iodés.

L'acide phénylcrotonique α-iodé stable fond à 105°; l'acide labile fond à 100°. L'un et l'autre sont très solubles dans l'alcool, l'éther, le sulfure de carbone, le benzène; très peu dans l'éther de pétrole.

L'acide labile est converti en acide stable par chauffage à 100°, pendant 2 heures, avec de l'acide chlorhydrique dilué au tiers.

III. *Acide phénylbutyrique α-dibromé* $C^6H^5.CH^2.CH^2.CBr^2.CO^2H$. — Cet acide s'obtient par l'action de l'hypobromite de sodium sur la semicarzone de l'acide benzylpyruvique et s'isole grâce à la faible solubilité de son sel de sodium.

L'acide libre fond à 134° et possède les propriétés générales de son correspondant diiodé. Les mêmes déterminations ont également été faites pour s'assurer de sa composition.

IV. *Acides phénylcrotoniques α-bromés* $C^6H^5.CH^2.CH = CBr.CO^2H$. — Ces acides se préparent comme les acides α-iodés et, comme ces derniers, s'obtiennent toujours à l'état de mélange. Leur séparation s'effectue suivant le procédé général rappelé plus haut, c'est-à-dire en utilisant la faible solubilité du sel acide de potassium de la forme stable.

L'acide stable fond à 96°; l'acide labile à 100°. Que l'acide fondant à 100° soit bien l'acide labile, c'est ce que prouve sa facile transformation, presque instantanée, en acide stable (p. f. 96°), quand on ajoute une trace de brome à sa solution dans le sulfure de carbone.

On observe donc ici une particularité, concernant le point de fusion de l'acide stable, *inférieur* à celui de son isomère labile. J'ajouterai encore que cet acide stable, contrairement à ce qu'on observe habituellement, est plus soluble, notamment dans le sulfure de carbone, que son isomère labile. Seule, la propriété, pour l'acide stable, de donner un sel acide de potassium peu soluble, se conserve constante.

Les acides phénylcrotoniques α-iodés et α-bromés permettent de préparer aisément l'acide phénylcrotonique αβ $C^6H^5.CH^2.CH = CH.CO^2H$, qui n'a été obtenu jusqu'ici qu'en très petite quantité et avec beaucoup de peine. Cet acide présente, au point de vue général du déplacement de la double liaison dans les composés éthyléniques, un intérêt tout particulier.

BOTANIQUE. — *Cultures expérimentales au bord de la mer.*
Note (¹) de M. **Lucien Daniel**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Depuis 1900, dans mon jardin d'Erquy (Côtes-du-Nord), j'ai entrepris des recherches suivies sur diverses plantes, transportées de Rennes au bord de la mer. Ces plantes comprenaient des arbres fruitiers et des arbres ou arbustes d'ornement propagées par bouture ou par greffe, des plantes herbacées vivaces divisées suivant la méthode employée par M. Gaston Bonnier pour les plantes de plaine qu'il cultivait dans les Alpes, enfin des plantes annuelles et bisannuelles provenant de graines sélectionnées dont

(¹) Séance du 23 octobre 1916.

j'étais sûr de la pureté. Ce sont les résultats principaux de ces recherches qui font l'objet de cette Note.

Les arbres fruitiers à pépins ou à noyaux ne se sont pas comportés comme à Rennes. D'une façon générale, ils supportent mal la taille d'hiver et beaucoup de variétés meurent si elle est pratiquée comme à l'intérieur des terres. Le Pêcher et l'Abricotier n'y résistent pas en général et périssent rapidement; il en est de même du Poirier. Abandonnés à eux-mêmes, la plupart de ces arbres se dessèchent par leur extrémité dès qu'ils dépassent le niveau des murs leur servant d'abri. Beaucoup meurent brusquement si leur abri naturel vient à être volontairement supprimé. Presque toujours leur racinage est très développé par rapport à l'appareil végétatif aérien, et ils portent de nombreux drageons. Ce sont les formes basses qui donnent les meilleurs résultats comme durée, vigueur et production. Il y a des variétés plus résistantes que d'autres et, dans une même variété, on constate sous ce rapport des différences marquées suivant les individus. Les maladies cryptogamiques sont fréquentes; les poires présentent d'abondantes cellules pierreuses, surtout dans certaines variétés délicates.

Les arbres et arbustes d'ornement se comportent de façon très variable suivant les espèces. Les uns meurent, d'autres persistent fort bien. Les plus résistantes de ces plantes sont les Fusains, le *Cupressus Lambertiana*, les *Escallonia*, le *Prunus Pissardi*, la *Spirœa Lindleyana*, le *Pittosporum*, les *Azalea*, le *Laurus nobilis*, divers Pins, les Véroniques, la Passiflore, le Jasmin, les Vignes vierges, etc. Les *Fuchsia*, le Laurier-Rose, les *Mimosa*, l'Eucalyptus y passent l'hiver en pleine terre et la floraison de certains d'entre eux s'y poursuit même pendant cette saison, vu la douceur du climat.

J'ai planté 30 espèces différentes de plantes herbacées vivaces prises au Jardin des Plantes ou dans mon jardin de Rennes, et choisies dans les familles les plus diverses. Les unes étaient des plantes d'ornement; les autres, des plantes sauvages. Sur ces 30 espèces, un certain nombre sont mortes sans s'acclimater. Ainsi les Glaïeuls dont j'avais planté plus de 50 variétés différentes ont tous fini par disparaître à la longue, après une résistance fort variable suivant les variétés; de même ont péri *Polemonium reptans*, *Callimeris incisa*, *Pulmonaria officinalis*, *Lupinus polyphyllus*, *Biotia glomerata*. Les autres espèces sont toujours en bonne santé, bien qu'elles soient de taille plus petite qu'à l'intérieur et que leur floraison, les années sèches, ait été souvent très contrariée ou même supprimée. Chaque année, j'ai étudié soigneusement les caractères internes et externes de ces plantes;

à part les variations habituelles qu'amène la sécheresse, je n'ai observé aucune modification importante en dehors d'une tendance très marquée au drageonnage comme chez les arbres fruitiers. L'*Epilobium hirsutum* en particulier avait chaque année des drageons fort gros et très longs et s'étendait fort loin du point où il avait été primitivement planté. Aucun caractère spécial des plantes halophytes n'est apparu, bien que ces plantes fussent soumises à l'action continue des embruns et arrosées de temps en temps avec de l'eau un peu saumâtre, contenant du calcaire et des chlorures en dissolution, en quantité notable. J'ai transporté à Rennes, il y a quelques années, des éclats de ces diverses plantes et j'ai constaté qu'elles reprenaient toutes, de suite ou à la longue, les caractères des pieds qui les avaient fournies en premier lieu. De même des *Rosa pimpinellifolia*, nains et rabougris sur les dunes d'Erquy, transplantés à Rennes, ont perdu leur nanisme, tout en conservant le caractère drageonnant. Il en a été de même pour tous les exemplaires de semis obtenus à Rennes. L'hérédité du nanisme et des modifications amenées par la culture au bord de la mer ne s'est donc pas manifestée, abstraction faite, pour les *Rosa*, de la tendance au drageonnage.

Les embruns et l'arrosage régulier à l'eau saumâtre n'ont pas davantage donné aux légumes les caractères des plantes halophytes pourtant comme sur les côtes. Il ressort très nettement de mes essais, faits sur des plantes sélectionnées et maintenues pures, que les seules variations observées sont imprimées par les oscillations souvent très élevées du régime de l'eau, en quantité et en qualité. Ces oscillations sont beaucoup plus marquées qu'à l'intérieur des terres, car les facteurs qui les déterminent (et le vent en particulier) sont beaucoup plus puissants. Beaucoup de races de légumes ne peuvent vivre dans les sols secs et sablonneux des jardins établis sur les dunes, exposés aux embruns, comme c'est le cas de mon jardin. Les uns montent rapidement à fleurs, après avoir fourni une faible rosette et sans valeur utilitaire : Cressonnette, Chicorées, Radis, Laitues d'été, certaines races de Choux et de Navets. Les Haricots s'y dessèchent vite en fournissant des graines parfois minuscules. La Cressonnette (*Lepidium sativum*), à floraison normalement euchrone, y devient achrone et donne plusieurs générations successives au cours d'une même année à pluies intermittentes séparées par des périodes assez longues de sécheresse. J'ai étudié l'hérédité de ces variations et constaté que si celles-ci paraissaient d'abord se maintenir partiellement, elles finissaient par disparaître à Rennes, quand les plantes retrouvaient les anciennes conditions de vie.

De ces expériences, suivies pendant quinze années successives, on peut tirer les conclusions suivantes:

1° Les plantes transportées de Rennes à Erquy, au bord de la mer, n'ont, en 15 ans, sous l'influence des embruns et de l'arrosage intermittent à l'eau saumâtre, acquis aucun caractère des végétaux halophytes. Si une action de ce genre a existé, elle est restée d'ordre infinitésimal.

2° Les seules variations nettes sont celles causées par les oscillations très prononcées du régime de l'eau (quantité, qualité et concentration saline) qui provoquent le nanisme ou le gigantisme, dans les états extrêmes, avec tous les intermédiaires. Cette action est purement momentanée, tant chez les végétaux en expérience que chez leurs descendants. Elle ne semble pas être héréditaire, autant toutefois qu'on en peut juger par des expériences négatives et par leur courte durée (15 ans) comparée à l'action répétée au cours des siècles. Les plantes naines ou géantes, si communes au bord de la mer suivant le degré d'humidité des stations, perdent rapidement à l'intérieur leurs caractères particuliers, ainsi que je m'en suis assuré expérimentalement, et cela confirme encore la non-hérédité de ces phénomènes.

BOTANIQUE. — *Essais des graines de* Lepidium sativum *dans des conditions très diverses*. Note [1] de M. **Pierre Lesage**, présentée par M. Gaston Bonnier.

J'ai fait, à des époques assez différentes; des essais nombreux de graines du Cresson alénois; j'ai réuni les résultats de ces essais dans un ensemble qui me paraît assez intéressant pour le publier. La présente Note a pour but d'indiquer les principaux points de cet ensemble.

*Dans les solutions de potasse.* — L'essai des graines dans les solutions de potasse m'a amené à indiquer un procédé assez rapide pour reconnaître si ces graines peuvent encore germer, sans attendre leur germination. Placées dans la solution normale de potasse diluée à $\frac{1}{128}$ ou à une dilution plus grande encore, les graines qui colorent la solution en jaune, ne germent plus et celles qui ne colorent pas la solution, germent encore [2].

(1) Séance du 23 octobre 1916.

(2) Pierre Lesage, *Sur l'emploi des solutions de potasse à la reconnaissance de la faculté germinative de certaines graines* (*Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 615).

*Dans les solutions alcooliques.* — L'essai dans les solutions alcooliques plus ou moins diluées, après des séjours variés dans ces solutions, a permis de reconnaître que les limites de germination se trouvent sur une courbe construite en prenant, pour ordonnées, les durées de séjour et, pour abscisses, les dilutions (1). Cette courbe est concave vers le haut et présente trois points intéressants dont le plus important est celui qui correspond à la limite de germination après séjour dans l'alcool absolu. Il correspond à la dilution O et à un temps que je ne connais pas encore, mais qui dépasse 4 ans et 7 mois. On voit par là qu'on peut immerger des graines dans l'alcool absolu pendant longtemps sans crainte de détruire leur faculté germinative.

*Dans les solutions salines.* — Des essais dans les solutions de chlorures, nitrates, sulfates de K, Na, $AzH^4$, ont fourni des courbes comparables à celle de l'alcool. Construites en prenant pour abscisses les concentrations en molécules-grammes, ces courbes sont loin de coïncider; on peut en déduire que si la force osmotique de ces solutions intervient, elle ne dirige pas uniquement les phénomènes (2). En revanche, en cherchant la limite de concentration en molécules-grammes, au-dessous de laquelle la germination commence encore dans les solutions salines elles-mêmes et au-dessus de laquelle cette germination est arrêtée, on voit que, pour tous les sels employés, cette limite est voisine de $0^{mol},40$, ce qui indique que la force osmotique joue un rôle important dans cette germination.

*Influence des prélèvements, de la durée d'immersion, du germoir.* — Dans les essais après immersion prolongée dans les solutions alcooliques, salines, ou même dans l'eau de source, il faut tenir compte de la manière de faire les prélèvements et de la durée de l'immersion, durée pendant laquelle l'asphyxie de l'embryon peut survenir, la mort de cet embryon être provoquée par les produits plus ou moins toxiques exosmosés. Les essais des graines retirées des solutions se faisant dans un germoir, la nature de ce germoir a de l'influence sur les résultats. La germination se fait mieux entre buvards humides que dans la mousse humide, que dans le terreau

---

(1) Pierre Lesage, *Sur les limites de la germination des graines soumises à l'action de solutions diverses* (*Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 826).

(2) Pierre Lesage, *Sur la courbe des limites de la germination des graines après séjour dans les solutions salines* (*Comptes rendus*, t. 157, 1913, p. 784).

humide et que sur mince couche d'eau. Entre buvards bouillis, elle se fait encore mieux. Enfin, sur mince couche d'eau oxygénée, convenablement diluée, cette germination se fait encore quand elle ne s'effectue pas ailleurs.

*Dans l'éther de pétrole et dans l'éther ordinaire.* — Les graines de cresson alénois peuvent encore garder leur faculté germinative après 4 ans et 7 mois de séjour dans l'éther de pétrole. Elles perdent assez rapidement cette faculté germinative dans l'éther ordinaire.

*Dans l'air humide.* — Sur flotteurs paraffinés flambés, flottant sur de l'eau distillée, dans une boîte en verre fermée hermétiquement, les graines du *Lepidium sativum* peuvent germer; mais il y a de grandes différences individuelles et le nombre des germinations est sous la dépendance de la température de telle sorte que, même au voisinage de la température optima, 21°, les variations peuvent être considérables. Les graines, qui n'ont pas germé à l'état hygrométrique égal à 1, n'ont pas encore perdu leur faculté germinative après plus de 5 mois. Les graines de cresson alénois ne germent pas dans l'air humide à un état hygrométrique plus petit que 1, par exemple égal à 0,98. Au point de vue de l'âge, les graines de 1 mois n'ont pas encore germé après 20 jours, à l'état hygrométrique égal à 1, quand des graines de 1 an, de 2, 3, 4 et 5 ans ont commencé à germer dès le troisième jour dans les mêmes conditions.

*Dans l'eau oxygénée.* — Les graines vieilles ou jeunes, mais plus ou moins modifiées par le milieu où on les a placées, peuvent encore germer dans l'eau oxygénée convenablement diluée et renouvelée, quand leur germination se fait mal ou ne s'effectue plus dans les autres germoirs. Voici un exemple pour de vieilles graines. Sur 10 graines de 8 ans, après 14 jours de semis sur eau de source, entre buvards humides, sur eau oxygénée à $0^{vol},45$, 5 ont sorti $1^{mm}$ à $2^{mm}$ de racine dans le premier cas; 6 ont fourni une racine de $2^{mm}$ à $5^{mm}$ dans le second cas et 5 ont libéré leur plantule dans l'eau oxygénée. Dans les solutions obtenues en partant de l'eau oxygénée à $6^{vol},8$ et diluée à $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$, etc., la germination se faisait encore dans la dilution au $\frac{1}{4}$, mais ne se faisait plus à $\frac{1}{2}$. L'action de l'eau oxygénée est rendue plus efficace en renouvelant chaque jour le liquide; il faut remarquer que, dans des cultures sur mince couche d'eau de source, le renouvellement de cette eau produisait des effets comparables. L'eau oxygénée, convenablement diluée, favorise au début la germination des

graines qui libèrent rapidement leur plantule; mais elle retarde beaucoup la croissance de cette plantule qui reste courte, trapue (¹).

*Germinations graduées* — Des graines ayant commencé à germer dans l'air humide, à l'état hygrométrique égale à 1, mises ensuite à un état hygrométrique égal à 0,97, ont cessé de germer; après un arrêt de 10 jours, ces mêmes graines ont repris à germer quand on les a placées entre buvards humides. J'ai réalisé ainsi la germination interrompue de Th. de Saussure, mais par un autre moyen.

BOTANIQUE. — *Sur une Verticilliacée à affinités douteuses.* Note de M. F. **Vincens**, présentée par M. Louis Mangin.

On sait que la famille des *Verticilliaceæ* est composée des Champignons à thalle diffus dont les rameaux mycéliens fertiles sont groupés en verticilles sur des sporophores plus ou moins nettement différenciés.

Les genres qui ont été assemblés dans cette famille se distinguent les uns des autres par le mode d'insertion des conidies au sommet des conidiophores. Ce mode d'insertion a d'ailleurs fait établir deux groupes dans la famille elle-même, suivant que les spores sont libres (*Euverticillieæ*) ou réuniès par un mucilage (*Gloioverticillieæ*).

Jusqu'à présent trois genres ont été distingués dans le groupe des *Euverticillieæ;* ce sont : le genre *Verticillium* Nees, dont les spores sont isolées au sommet des conidiophores, le genre *Spicaria* Harting, dont les phialides se terminent par un chapelet de conidies à formation basipète, et enfin le genre *Beauveria*, fondé par Vuillemin pour les Verticilliacées dont les spores se forment suivant le mode sympodique.

Dans ce dernier genre sont venus se fondre des Champignons parasites des insectes et dont la position systématique avait été très incertaine jusqu'à ces dernières années. Tels entre autres : le *Beauveria Bassiana* (Balsamo) Vuillemin, qui a été successivement considéré comme un *Botrytis*, puis comme un *Spicaria*, et le *Beauveria densa* (Link) Picard, qui a été ballotté entre les genres *Isaria*, *Botrytis* et *Sporotrichum*.

L'introduction de l'*Isaria densa* Link dans le genre *Beauveria* a été

(¹) Demoussy, *Influence de l'eau oxygénée sur la germination* (*Comptes rendus*, t. **162**, 1916, p. 435). J'ai fait mes essais à la suite de cette Note.

uniquement motivée par le fait que l'on attribuait une valeur prépondérante comme caractère générique au mode de formation sympodique des conidies.

Suivant cette impulsion, c'est dans le genre *Beauveria* que devrait venir se placer, semble-t-il, une moisissure que j'ai récemment observée sur des Russules d'espèces diverses et sur un *Collybia*, mais dont les affinités avec les espèces du genre *Verticillium* sont certainement plus étroites que celles qu'elle peut présenter avec les champignons des « Muscardines ».

Cette moisissure forme sur son milieu naturel un gazon blanc, assez ras, peu dense, d'aspect pulvérulent, dont le mycélium, relativement rare, supporte des sporophores généralement bien différenciés. Ces sporophores sont constitués par un axe à allongement terminal le long duquel s'étagent à des intervalles réguliers des verticilles de rameaux fertiles. Souvent cet axe primaire porte des axes secondaires nés à la place des rameaux fertiles et de même constitution que lui; c'est là la composition du sporophore des espèces les plus typiques du genre *Verticillium*.

Au sommet des conidiophores ou de l'axe ayant cessé de s'accroître, plusieurs conidies se forment successivement selon un mode étroitement comparable à celui décrit par M. Beauverie d'abord (1), puis par M. Vuillemin (2) chez le *Beauveria Bassiana* et le *B. effusa*, qui ont servi de type à M. Vuillemin pour la création du genre *Beauveria*. Mais à côté des cymes monopodiques, scorpioïdes ou en zig-zag, auxquelles aboutit la formation sympodique, il se constitue fréquemment des groupements moins bien définis par suite de la naissance des stérigmates sur des génératrices quelconques. Souvent aussi, les stérigmates naissent en des points tellement rapprochés les uns des autres qu'ils arrivent à former un capitule dense au sommet du rameau fertile qui les supporte. L'origine de ces capitules, indéchiffrables s'ils étaient rencontrés seuls, n'en est pas moins le sympode.

Ainsi la moisissure des Russules apparaît avec des affinités doubles : d'une part elle se rapproche étroitement du genre *Verticillium* par ses sporophores et aussi par son mode de vie et son aspect végétatif; d'autre part, elle appartiendrait au genre *Beauveria* par le mode de formation de ses conidies.

---

(1) J. Beauverie, *Note sur les Muscardines* (*Rapport de la Commission administrative du laboratoire d'études de la soie de Lyon*, t. 14, 1911).

(2) Vuillemin, *Beauveria*, Nouveau genre de Verticilliacées (*Bulletin de la Société botanique de France*, 4e série, t. 11, 1911).

Cependant si le genre *Verticillium* est en partie caractérisé par la formation isolée des spores, il renferme des espèces qu'on n'a pas proposé d'en distraire quoiqu'on y ait observé plusieurs conidies groupées, sans mucilage, au sommet des conidiophores. Tels : *Verticillium agaricinum* (Link) Corda, *V. albo-atrum* Reinke et Berthold, *V. quaternellum* Grov., *V. heterocladum* Penz. Or, si nous cherchons l'explication de ce groupement des spores, nous le trouvons dans leur mode de formation qui se rattache étroitement au mode de formation sympodique. J'ai suivi cette formation dans des cultures en goutte pendante pour un *Verticillium* récolté sur Clavaires et qui paraît être identique à *V. agaricinum*.

Dans cette espèce, après la formation d'une première spore, le sommet du conidiophore cesse de s'accroître et, tandis que la spore y reste encore fixée, un bourgeon se forme au-dessous d'elle aboutissant à la formation d'une nouvelle spore sans l'intermédiaire d'un stérigmate. Il peut naître ainsi successivement quatre et cinq spores au sommet d'un même rameau fertile qui, après qu'elles s'en sont détachées, se montre terminé par une petite tête polyédrique dont l'origine est exactement comparable, sauf l'absence de stérigmates, au faux capitule de la moisissure des Russules.

Ainsi cette dernière, malgré le mode de formation sympodique de ses spores, ne peut être éloignée du genre *Verticillium* et, par suite, le sympode nous apparaît comme insuffisant par lui seul à caractériser un genre dans le groupe des *Euverticilliеæ*.

ANATOMIE. — *Démonstration de l'existence de la fossette génienne de la mandibule chez le jeune enfant de la Pierre polie.* Note (¹) de M. **Marcel Baudouin**, présentée par M. Charles Richet.

Quatre mâchoires inférieures d'enfants très jeunes, trouvées dans l'ossuaire néolithique, *vierge*, des Cous, à Bezoges-en-Pareds (Vendée), m'ont permis de remarquer l'absence complète des *apophyses géni*, et l'existence, à leur niveau, de la petite dépression appelée par les anthropologistes *fossette génienne*, ainsi que le mode d'apparition de ces apophyses.

En effet, l'os n° 94, correspondant à un enfant de deux ans et demi à peine, présente cette cavité génienne d'une façon extrêmement marquée. Il en est de même pour l'os n° 107, dont l'âge est à peu près le même.

(¹) Séance du 23 octobre 1916.

Le n° 103, enfant de trois ans, montre par contre des apophyses géni, commençant à apparaître au fond d'une fossette génienne; et, sur le n° 105, enfant de deux ans environ, on remarque que cette dépression va sous peu être comblée.

Il résulte de ces faits que :

1° Tant que n'est pas complète en arrière la soudure des deux moitiés de la mandibule qui, au néolithique au moins, n'est totale qu'à deux ans et demi [et non pas au troisième mois, comme actuellement (Testut)] on voit des traces manifestes de la fossette génienne, surtout marquées avant l'âge de deux ans et demi;

2° Cette fossette se comble peu à peu, grâce à l'apparition à son centre des deux apophyses géni, une sur chaque moitié.

A l'époque de la Pierre polie, l'enfant, jusqu'à deux ans et demi, n'a donc pas encore d'apophyse géni, mais simplement une fossette génienne, du type anthropoïde.

La conclusion à tirer de ces constatations matérielles est que le nouveau-né n'a qu'une mandibule de singe plus ou moins supérieur. Cela ne fait que confirmer ce que l'on savait en ce qui concerne les dents de première dentition.

On sait d'ailleurs que cette fossette génienne ne s'observe chez l'adulte que dans les races préhistoriques les plus anciennes (La Naulette, etc.) et que chez les hommes actuels à mentalité à peine néolithique (Néo-Calédoniens et Australiens).

Comme les apophyses géni diminuent d'importance chez les peuples non civilisés (elles sont peu marquées chez les nègres) il est possible que leur apparition, comme la saillie du menton, soit en rapport avec le début même de la fonction du langage, c'est-à-dire avec l'apparition d'un rôle spécial joué par les muscles qui s'y insèrent.

PHYSIOLOGIE. — *Observations sur les pressions artérielles basses et leur traitement.* Note de M. **William Townsend Porter**, présentée par M. Charles Richet.

Le nombre des blessés qui meurent par l'abaissement de la pression artérielle est très grand, beaucoup plus grand que ne se l'imaginent la plupart des chirurgiens. Je crois bien cependant que plusieurs de ces blessés peuvent être sauvés.

J'ai étudié la pression artérielle dans mon laboratoire (Harvard University) et sur le front.

Mes observations sur les animaux (*American Journal of Physiology*, *passim*) montrent que :

1° Lorsque la pression diastolique s'abaisse pendant quelque temps à $45^{mm}$ ou $50^{mm}$ de mercure, cette pression ne peut plus en général se relever spontanément. Si un traitement approprié n'est pas appliqué, l'animal meurt. La pression diastolique de $50^{mm}$ est donc critique;

2° Quand la pression diastolique tombe à $50^{mm}$, le sang s'accumule dans l'abdomen, et l'animal meurt pour ainsi dire d'hémorragie; le sang affluant dans ses propres veines;

3° La mort peut être évitée par tous les moyens, très simples, qui font remonter la pression artérielle.

Mes observations sur les blessés du front démontrent que : 1° il n'y a aucune différence essentielle entre les effets d'une pression basse chez l'homme et chez les autres animaux; 2° les agents qui combattent avec succès contre la pression basse des animaux combattent avec le même succès contre la pression basse de l'homme.

Ces moyens sont : 1° les actions mécaniques (gravitation); 2° le relèvement de la pression du sang par l'adrénaline; 3° le relèvement de la pression du sang par l'injection du sérum isotonique.

Le blessé chez qui la pression artérielle est basse (mesurée par moi avec l'appareil de Vaquez) doit être placé immédiatement sur une table d'opérations chauffée (par l'électricité). Les pieds du blessé doivent être maintenus à une hauteur de $30^{mm}$ plus haut que la tête. Le blessé devra rester sur la table jusqu'à ce que sa pression diastolique soit revenue à un état presque normal. Cette position devra être maintenue pendant quelque temps : 1 heure ou plus.

Si l'état est très grave, la mort est possible avant que le traitement par l'abaissement de la tête ait donné tous ses effets. Dans ce cas, il faut sans retard tâcher d'élever la pression diastolique à $30^{mm}$ au-dessus du point critique.

Si la pression diastolique reste au-dessous de $80^{mm}$, on fera une première injection de sérum isotonique. L'injection se fera lentement, jusqu'à ce que la pression diastolique se relève à $80^{mm}$. Si la pression diminue quelque temps après l'injection, on fera une deuxième injection de sérum. Si la

pression après la deuxième injection ne reste pas élevée, on fera une injection d'adrénaline dans une veine, de préférence une veine près de la cheville.

Le but de ces injections est de maintenir la pression au-dessus du niveau dangereux, jusqu'à ce que l'abaissement de la tête puisse donner une pression suffisante durable. Dans la plupart des cas, cette thérapeutique a des résultats très heureux.

A l'occasion de cette Note de M. *Townsend Porter*, M. **Ch. Richet** rappelle un fait classique : une expérience qu'il a souvent eu l'occasion de montrer dans ses cours.

Si l'on fait à un chien une hémorrhagie abondante, profuse, jusqu'à ce que l'animal soit en danger de mort, on assure la mort immédiate en le mettant dans la position verticale, la tête en haut. Alors la pression, qui était très basse, baisse encore plus.

Au contraire, si on lui met la tête en bas, de manière à déterminer l'afflux (mécanique) du sang dans les vaisseaux de l'encéphale et du bulbe, la respiration et le cœur reprennent, et la pression se relève.

On peut ainsi, plusieurs fois de suite, amener la mort ou la vie de l'animal suivant la position qu'on lui donne. Dès que la tête sera abaissée, quoiqu'il ait eu, pendant que la tête était relevée, l'imminence et l'apparence de la mort, il revivra.

Les observations de M. Townsend Porter semblent bien prouver qu'on peut assimiler la mort par le choc à la mort par hémorragie. Il y a donc intérêt à traiter les blessés atteints de choc comme des blessés ayant perdu beaucoup de sang. Il faut alors commencer par ce qui est le plus simple, les étendre sur un lit ou sur un brancard, en mettant la tête plus bas que les pieds.

BACTÉRIOLOGIE. — *Recherches sur l'influence de la pression osmotique sur les bactéries. Cas du vibrion cholérique.* Note [1] de M. **J. Beauverie**, présentée par M. Gaston Bonnier.

L'étude de l'influence de la concentration moléculaire du milieu de culture sur les végétaux, et notamment les champignons inférieurs, a fait

---

[1] Séance du 23 octobre 1916.

l'objet d'un certain nombre de recherches, nous avons abordé nous-même ce sujet à plusieurs reprises (¹); il ne nous semble pas cependant que cette étude ait été systématiquement poursuivie pour les bactéries. Ces organismes qui vivent plus encore au contact du milieu de culture, doivent subir particulièrement l'influence de la pression osmotique de ce milieu et présenter, suivant leur habitat habituel, des adaptations dont on ne paraît guère avoir tenu compte dans la confection des milieux de culture.

A cette question se rattache, indirectement, celle du développement de bactéries dans l'eau de mer. Ce milieu renferme en dissolution de 31 à 37 pour 1000 de sels dissous, dont 25 à 29 pour 1000 de NaCl; or on sait que le vibrion cholérique, le bacille typhique y vivent bien; récemment M. Coupin (²) a décrit de nombreuses espèces nouvelles de bactéries renfermées dans l'intérieur de coquillages apportés sur les marchés pour l'alimentation; il serait d'ailleurs intéressant, à ce propos, d'établir si ces bactéries sont bien toujours de provenance marine ou s'il ne s'agit pas, dans certains cas, d'espèces banales auxquelles ce milieu ne serait pas contraire. On sait, enfin, que des bactéries rentrent dans la constitution du plankton marin où elles sont d'ailleurs peu nombreuses. Tous ces faits font prévoir l'adaptation possible des bactéries à de fortes concentrations moléculaires.

Notre méthode expérimentale consiste à ajouter à un milieu connu, le bouillon de viande, des doses croissantes de NaCl; nous admettons que ce sel exerce une action osmotique et non plastique. Divers auteurs ont signalé, il est vrai, une action toxique de ce sel vis-à-vis des plantes supérieures, mais sans faire la part de l'action osmotique qui, à un certain degré, devient nuisible jusqu'à la plasmolyse et la mort. Dans nos expériences, nous avons constaté une action nettement favorisante jusqu'à des doses assez élevées, action qui est tout le contraire d'une influence toxique. Ce fait suffit à légitimer la méthode. Quant à la dissociation hydrolytique pouvant libérer des ions toxiques, elle est certainement peu sensible aux doses employées.

L'accroissement de la concentration moléculaire crée pour le microbe un état d'anhydrobiose qui paraît favorable au cloisonnement cellulaire,

---

(¹) *Études sur le polymorphisme des champignons*, 1900 : *Influence de la pression osmotique du milieu sur la forme et la structure des végétaux* (*Comptes rendus*, t. 132, 1901, p. 226, et *Revue générale de Botanique*, 1911).

(²) *Recherches sur les bactéries de l'eau de mer* (*Revue générale de Botanique*, 1916, avec bibliographie).

c'est-à-dire à la multiplication chez les bactéries dont le thalle est dissocié. Cette action peut se comparer à ce qui se produit, dans les mêmes conditions, pour le développement des œufs vierges, celui des mycorhizes (N. Bernard), pour les productions hyperplasiques qu'on provoque artificiellement chez les plantes supérieures en augmentant la concentration ou qui se forment sous l'influence d'un parasite retenant pour sa part une portion de l'eau disponible.

Nos expériences ont porté sur des microbes intestinaux, du pus, des sécrétions sébacées et libres dans la nature. Nous ne considérerons dans cette Note que le vibrion cholérique.

Nous faisons simultanément des ensemencements sur bouillon normal et sur bouillon additionné de 7, 9, 15, 20, 30, 50, 90, 100 pour 100 de NaCl. Après 4 heures à l'étuve à 37°, on observe déjà des moires dans le témoin, rien dans les autres tubes; après 24 heures, le développement s'est effectué dans tous les tubes jusqu'à 50 inclus, rien dans les autres. Il s'est formé partout un voile dont l'épaisseur et la consistance sont maximum dans 30 pour 100. Après 3 jours, ces faits s'accentuent. Ils sont plus marqués encore si, au lieu de partir d'une culture depuis longtemps repiquée sur milieu normal, on se sert d'un microbe déjà accoutumé à une certaine concentration.

Les cultures obtenues dans des solutions concentrées, telles que 30 à 50 pour 100, vieillissent vite : déjà après 4 jours il existe des formes coccoïdes, puis l'autolyse se poursuit et après 6 à 8 jours les vibrions, très peu mobiles, sont rares et les formes arrondies dominent, certaines atteignent la taille d'une hématie; si un spirille adhère par hasard à un tel globule, on a les figures qui avaient fait baptiser le choléra : *Peronospora barcinonis* par Ferran qui croyait trouver là une fécondation analogue à celle des champignons Péronosporées!

Il faut voir plusieurs causes dans l'arrêt relativement rapide des cultures dans des milieux concentrés d'abord favorables au développement : d'abord l'usure plus prompte de l'aliment dans un volume limité de liquide nutritif et aussi l'action des toxines produites par le microbe vaccinant le milieu. Cette action est-elle plus sensible dans les milieux concentrés favorables que dans les milieux usuels? Il faudrait pour y répondre connaître l'influence de la pression osmotique sur la production des toxines; cette étude serait d'un grand intérêt chez les bactéries.

La mobilité est fortement ralentie aux concentrations élevées : à 30 pour 100 le vibrion n'a plus qu'un mouvement sur place, mais il est

réactivé en quelques minutes si l'on fait passer, par capillarité, une goutte d'une solution moins concentrée, sous la lamelle; le mouvement affecte alors ses caractères habituels.

Le développement présente une remarquable tendance à s'effectuer près de la surface au fur et à mesure que les solutions employées sont plus concentrées, aussi le voile se forme-t-il avec une grande netteté tandis que le reste du liquide est limpide. Nous avons constaté ce développement dans la partie supérieure du tube chez toutes les bactéries étudiées, par exemple, le *Micrococcus de Unna* qui cultive très bien avec 300 pour 1000 de Na Cl. Nous pensons que la cause de ce fait réside bien plus dans une action physique, la densité, que dans une action chimique telle que le besoin en oxygène de l'air; en effet, dans le cas du staphylocoque pyogène doré, anaérobie facultatif, le phénomène en question se produit aussi bien sous couche d'huile de vaseline qu'à l'air libre. On conçoit cependant que ce fait soit d'une importance particulière pour les aérobies stricts dont la végétation en surface, et par suite le développement, se trouvent favorisés; nous l'avons vérifié non seulement pour le choléra, mais aussi pour le *Bacillus subtilis*, lequel forme encore un voile avec 100 pour 1000 de NaCl.

Nous n'avons pas pu faire d'expériences, ni assez d'épreuves d'agglutination, pour étudier les modifications de virulence que doivent entraîner vraisemblablement des conditions aussi spéciales.

Au point de vue de la technique de la recherche du vibrion cholérique, il y aurait avantage certain à augmenter la dose de Na Cl de l'eau peptonée en la portant de 5 à 30 pour 1000, par exemple. Nous avons vérifié, en effet, que dans ces conditions on obtient un voile plus épais et solide. La gélatine du gelo-pepto-sel de Metchnikoff, qui a pour but de favoriser le développement en surface dès le début de la culture, est ainsi avantageusement remplacée.

ÉLECTRICITÉ MÉDICALE. — *Sur la polarisation du tissu cicatriciel et le traitement électrique des adhérences cicatricielles profondes.* Note (1) de MM. **L.-C. Bailleul** et **Pierre Girard**, présentée par M. Dastre.

L'invasion par le tissu cicatriciel des plaies pénétrantes a souvent pour conséquences des impotences fonctionnelles persistantes qu'expliquent des adhérences tendineuses et la compression par le tissu parasite des filets nerveux des muscles paralysés.

(1) Séance du 23 octobre 1916.

L'expérience nous a montré que chaque fois que les nerfs moteurs intéressés n'avaient pas été, du fait de l'englobement, gravement lésés, ces paralysies se montraient justiciables d'un traitement électrique. L'efficacité de ce traitement, même lorsqu'il s'agit d'un tissu cicatriciel profond inaccessible aux ions médicamenteux introduits par électrolyse (ces ions ne pénétrant pas au delà de la couche superficielle du derme), s'explique par la propriété que possède ce tissu cicatriciel de se polariser très énergiquement sous l'action d'un champ électrique de suffisante intensité.

Soit, par exemple, une plaie profonde de la face antérieure de l'avant-bras droit; les réparations cellulaires se sont faites de telle façon que l'action, sur les fléchisseurs superficiels des doigts, du médian englobé dans du tissu cicatriciel, est empêchée. Plaçons sur la cicatrice une électrode constituée par un étroit et épais tampon d'ouate imbibé d'eau pure et recouverte d'une lame d'étain; au même niveau, sur la face postérieure de l'avant-bras, plaçons une électrode identique; une bande élastique assurera le contact avec la peau. Fermons un circuit sur un rhéostat de façon que le débit constant soit d'un ampère; un deuxième circuit en dérivation débitera à travers l'avant-bras par les électrodes, 3 milliampères exactement; une certaine force électromotrice (N volts) sera nécessaire à cet effet.

Le débit initial (3 milliampères) augmente progressivement et au bout de quelques minutes un équilibre est atteint avec, par exemple, 10 milliampères.

Reprenons l'expérience sur l'avant-bras gauche, non blessé; les deux électrodes occupant sur les faces antérieure et postérieure des positions correspondant exactement à celles décrites sur l'avant-bras blessé; une force électromotrice notablement plus grande que N est nécessaire ici pour obtenir le débit initial de 3 milliampères; mais, malgré la plus grande résistivité des tissus, l'état d'équilibre est atteint avec un ampérage notablement plus élevé (16 milliampères, par exemple, au lieu de 10).

Ainsi malgré sa moindre résistivité, qu'expliquent l'atrophie musculaire et la récente reconstitution de l'épiderme, l'avant-bras blessé, à l'encontre de ce qu'il était naturel de supposer, se montre beaucoup moins perméable au courant : ce résultat paradoxal ne peut s'expliquer que par l'existence d'une force contre-électromotrice correspondant à un état de polarisation dont le tissu cicatriciel est électivement le siège [1].

---

(1) Cette capacité de polarisation n'appartient pas exclusivement au tissu cicatriciel; un tissu vivant quelconque, soumis à l'action du courant continu, la possède, mais à un degré infiniment moindre.

En effet, à travers un membre simplement atrophié par inactivité prolongée, mais non blessé, et dépourvu de tissu cicatriciel, le même ampérage initial (3 MA), obtenu sous une plus petite tension, atteindra une valeur finale correspondant à l'état d'équilibre, supérieure à celle obtenue sous une tension plus faible à travers le membre sain plus résistant.

Remarquons que les seuls ions qui peuvent intervenir dans la polarisation de ce tissu cicatriciel, surtout s'il s'étend profondément, sont ceux des électrolytes de la lymphe et des liquides interstitiels.

Cet état de polarisation modifie progressivement et profondément le tissu qui en est le siège: celui-ci s'assouplit; et, du fait de cet assouplissement, reparaissent le libre jeu des tendons et, dans les nerfs englobés, le libre parcours de l'influx nerveux.

Le champ, pour être efficace, doit avoir une certaine intensité; les électrodes d'ouate imbibées d'eau et les électrodes métalliques qui les recouvrent doivent être de surface minima, découpées sur la cicatrice.

La polarité de l'électrode en contact avec la cicatrice nous a paru indifférente.

Nous avons obtenu, dans une trentaine de cas de paralysie de la flexion ou de l'extension du doigt ou du poignet, imputables à des englobements cicatriciels profonds de tendons ou de nerfs (sans lésion accusée de ceux-ci), des guérisons complètes ou de très notables améliorations.

En résumé, la polarisation du tissu cicatriciel profond par les ions des électrolytes de la lymphe et sous l'action de champs de suffisante intensité nous paraît être la condition de modifications physiques ou peut-être histologiques de ce tissu telles que l'on voit progressivement reparaître le libre jeu des tendons adhérents et, dans les nerfs moteurs englobés, le libre parcours de l'influx volontaire.

A 15 heures trois quarts l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17 heures.

A. Lx.

---

## BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

---

Ouvrages reçus dans les séances de juillet 1916 (*suite*).

*La mesure de l'accélération du mouvement horizontal et ses déductions*, par J. Carlier. Extrait de la *Lumière électrique*, 1916.

*Premiers principes de Géométrie réfractive et Calendrier perpétuel dans les système julien (ère chrétienne) et grégorien, inventé le 7 mars* 1915, par Antonio Cabriera. Extrait des *Trabalhos da Academia de Sciencias de Portugal*, 1[re] série, t. II, 2[e] partie. Coïmbre, Imprimerie de l'Université, 1915; 2 fasc.

Canada, Ministère des Mines. Division des Mines. *Recherches sur le cobalt et les alliages de cobalt faites à l'Université Queens, Kingston, Ontario, pour la Division des Mines du Ministère des Mines;* partie I : *Préparation du cobalt métallique par la réduction de l'oxyde*, par H. T. Kalmus, en collaboration avec Day, Harper, Savell et Wilcox; — *Recherches sur les charbons du Canada au point de vue de leurs qualités économiques faites à l'Université Mc Gill de Montréal*, par J. B. Porter et R. J. Durley, t. IV; — Commission géologique. *Rapport sur les dépôts d'argile et de schistes des provinces de l'Ouest*, partie II, par Heinrich Ries et Joseph Keele; — *Bassins des rivières Nelson et Churchill*, par William Mc Inness. Ottawa, Imprimerie du Gouvernement, 1915; 4 vol. in-8°.

*Annuaire de la Fondation Thiers*. Issoudun, Gaignault, 1916; 1 fasc. in-8°.

Compagnie des Chemins de fer du Midi. *Assemblée générale des actionnaires du 14 avril* 1916. *Rapport du Conseil d'administration. Résolutions de l'assemblée.* Paris, Société générale d'impression, 1916; 1 fasc. in-4°.

*Annales de l'Institut océanographique (Fondation Albert I*[er], *prince de Monaco*), publiées sous la direction de L. Joubin, t. VII, fasc. IV : *L'étang de Berre*, par A. Chevallier. Paris, Masson, 1916; 1 fasc. in-4°.

(*A suivre.*)

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 6 NOVEMBRE 1916.

PRÉSIDENCE DE M. CAMILLE JORDAN.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

### DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Après le dépouillement de la Correspondance, M. C. **Jordan** donne lecture d'une *Notice nécrologique sur M.* Léauté :

Je dois communiquer à l'Académie une triste nouvelle qui m'est parvenue peu d'instants avant la séance.

Notre regretté confrère M. **Léauté** nous a été enlevé cette nuit. Il était né à Bulize (Amérique) le 26 avril 1847. Sorti de l'École Polytechnique comme ingénieur des Manufactures de l'État, il était présentement directeur des Téléphones.

Son œuvre est la meilleure réponse à ceux qui s'imaginent qu'il y a divorce entre la théorie et la pratique, et que les savants, s'ils ne sont pas nuisibles aux progrès de l'industrie, sont du moins incapables de la servir utilement.

Il débuta par des travaux d'Analyse pure fort intéressants sur les fonctions elliptiques et les équations aux dérivées partielles; mais il ne tarda pas à se consacrer tout entier à la Mécanique.

La transformation d'un mouvement donné en un autre également donné est un problème qui se présente à chaque instant dans les applications; sa réalisation rigoureuse par des glissières semble facile, mais se heurte en pratique à de graves inconvénients. M. Léauté, suivant les traces de notre illustre Associé M. Tchebychev, préféra à bon droit les solutions approchées en substituant à la courbe à décrire l'arc de cercle qui s'en écarte le moins et qu'il apprit à déterminer.

La transmission de la force à grande distance par l'intermédiaire de

câbles joue un grand rôle dans l'industrie moderne. Mais dans l'établissement des règles à suivre pour leur construction on avait négligé divers éléments essentiels, d'où résultaient de graves mécomptes. Dans un Mémoire étendu, devenu aussitôt classique, M. Léauté sut les soumettre au calcul, donnant par là aux industriels une base assurée. Les difficultés étaient grandes par suite de la présence, dans l'expression de la tension du câble, de termes périodiques dépourvus d'intérêt. L'auteur les a évitées en substituant, au développement de la fonction suivant ses valeurs et celles de ses dérivées à un instant donné, un développement nouveau procédant suivant les valeurs moyennes des mêmes quantités.

Ses recherches sur les régulateurs ne sont pas moins importantes. L'isochronisme parfait, dont M. Rolland avait établi les conditions, donnerait lieu à de graves inconvénients en produisant des oscillations indéfinies de la vitesse. Le degré d'isochronisme à réaliser doit donc être réglé en fait par la puissance du volant.

M. Léauté a été conduit par la théorie à la réalisation d'un appareil fort simple, applicable à un régulateur quelconque, permettant de faire varier à volonté la vitesse du régime et le degré de l'isochronisme.

Les oscillations à longue période, si redoutables dans les machines hydrauliques, ont également attiré l'attention de M. Léauté. Elles n'avaient été étudiées avant lui que pour les régulateurs à action directe. M. Léauté a traité le cas où la régularisation intervient par l'action d'une vanne. Construisant alors une courbe ayant pour abscisses l'ouverture de la vanne et pour ordonnée la vitesse correspondante de la machine, il a reconnu que ces oscillations se produisent seulement lorsque ladite courbe est fermée. L'intégration de l'équation différentielle du problème lui fait connaître les cas où cette circonstance se présente.

La séance sera levée aussitôt après l'élection d'un Correspondant.

ASTRONOMIE. — *Sur l'emplacement et les coordonnées de l'ancien Observatoire de la rue Vivienne.* Note de M. **G. Bigourdan.**

Diverses inventions et améliorations très importantes, faites coup sur coup à Paris de 1666 à 1669, ont puissamment contribué aux progrès de l'Astronomie; telles sont la création du micromètre à vis, — l'emploi de la méthode des hauteurs correspondantes, — la substitution des lunettes aux pinnules ordinaires des quarts de cercle, — l'observation des étoiles en plein

jour et, comme conséquence, la création de la méthode encore employée des observations méridiennes.

Ainsi qu'il arrive d'ordinaire, ces perfectionnements avaient été préparés par les travaux antérieurs, et les contemporains en furent moins frappés que nous; aussi nous ont-ils laissé ignorer à ce sujet des détails non seulement curieux, mais encore utiles pour faire une réduction plus exacte d'anciennes observations.

Parfois même ils n'indiquent pas avec assez de précision les emplacements exacts de leurs instruments; ou bien les repères en ont disparu; et tel est le cas pour le point d'observation de la Bibliothèque du roi, où travaillèrent les premiers astronomes de l'Académie des Sciences, et où furent faits le premier emploi de la méthode des hauteurs correspondantes et la substitution des lunettes aux simples pinnules. Je me propose de fixer cet emplacement, et de conclure ses coordonnées par rapport à la méridienne et à la perpendiculaire de l'Observatoire. Comme à l'ordinaire, pour cette perpendiculaire je choisis celle qui coïncide avec la face sud de ce bâtiment, dont je suppose la latitude égale, en nombre rond, à 48°50′11″,00.

La Bibliothèque du roi se trouvait, depuis Louis XIII [1], rue de la Harpe, dans une maison louée aux Cordeliers. Carcavi [2] en fut nommé garde en 1663, et présida en 1666 au transfert de cette Bibliothèque dans deux maisons de la rue Vivienne que Colbert avaient acquises récemment, et qui étaient contiguës à son hôtel. Une des salles de cette nouvelle Bibliothèque fut assignée pour les séances de l'Académie des Sciences, fondée la même année 1666.

Cette Compagnie ne se composa d'abord que de six ou sept savants,

---

(1) Voir Le Prince, *Essai historique sur la Bibliothèque du roi*.

(2) Pierre de Carcavi, né à Lyon, mort en 1684, d'abord conseiller au Parlement de Toulouse, fut lié avec Fermat, son confrère, et qui à sa mort le fit dépositaire de ses écrits. Il devint ensuite conseiller au grand Conseil et fut mêlé aux discussions scientifiques de l'époque, par exemple en 1645, à celle de la quadrature du cercle, soulevée d'abord entre Longomontanus et Pellius. A la mort de Mersenne (1648), il offrit à Descartes de le remplacer comme son correspondant à Paris, ce qui eut lieu quelque temps. Mais Descartes le sachant très lié avec Roberval, un de ses plus ardents adversaires, cessa bientôt de lui écrire (1649). Carcavi quitta la magistrature et Colbert, qui lui avait d'abord confié sa propre bibliothèque, lui donna ensuite la garde de celle du Roi en 1663; plus tard, nommé membre de l'Académie des Sciences dès l'origine, il y était le porte-parole de Colbert; à la mort de ce ministre (1683) il se démit de sa charge et mourut lui-même l'année suivante.

presque tous astronomes ([1]), qui commencèrent leurs exercices académiques et leurs observations en juin 1666; leurs instruments principaux, placés en plein air, dans le jardin de la Bibliothèque, étaient un quart de cercle tout en fer, de 9 $\frac{1}{2}$ pieds de rayon, offert par Louis XIV, et un sextant de 6 pieds de rayon, avec limbe de cuivre, qui, d'après Le Monnier ([2]), avait été divisé par Buot et Roberval.

Parmi les autres instruments dont on s'y servit également, il faut noter une machine parallactique que J.-D. Cassini, arrivé à Paris le 4 avril 1669, y fit transporter dans la suite.

Les nuages ayant caché à Paris l'éclipse de Lune du 16 juin 1666 ([3]), la première observation importante faite par la nouvelle Compagnie fut celle de l'éclipse de Soleil du 2 juillet suivant. Le Monnier, qui la rapporte (p. 3), ne dit pas explicitement où elle fut faite; mais Pingré et Lalande ([4]), d'accord avec l'Histoire de l'Académie, disent que ce fut dans le jardin de la Bibliothèque, ou dans la maison même.

Les observateurs, qui opérèrent par projection suivant la méthode habituelle du temps, furent Huyghens, Roberval, Auzout, Frenicle et Buot. On employa trois lunettes, dont l'une avait 13 pieds de long et les deux autres 7 pieds. Les heures étaient données par une horloge sidérale à pendule, réglée au moyen du sextant de 6 pieds par des *hauteurs correspondantes*, ce qui était une innovation capitale.

La grandeur de l'éclipse, mesurée au micromètre, récemment inventé, fut de 7 doigts 56'.

On fit aussi diverses observations physiques; par exemple, avec des

---

([1]) Les membres de cette Académie furent d'abord Carcavi, Huyghens, Roberval, Frenicle, Auzout, Picard et Buot; ils commencèrent leurs travaux académiques en juillet 1666; à la fin de la même année, Colbert leur adjoignit des médecins, des chimistes, des anatomistes et un botaniste, ainsi que des élèves; en outre, des pensions furent établies, ainsi qu'un budget pour les expériences. Les séances de l'Académie ainsi complétées commencèrent le 22 décembre 1666.

([2]) Le Monnier, *Histoire céleste* ou *Recueil de toutes les observations astronomiques faites par ordre du Roy*, avec un Discours préliminaire sur le progrès de l'Astronomie, où l'on compare les plus récentes Observations à celles qui ont été faites immédiatement après la fondation de l'Observatoire royal. Paris, 1741 (Le M., *H. cél.*).

([3]) Pour observer cette éclipse, qui devait être horizontale, les astronomes de l'Académie s'étaient transportés à Montmartre.

([4]) *Mém. Acad.*, 1787, p. 223.

miroirs (¹), on nota la diminution de chaleur du Soleil, en raison de la partie cachée par la Lune.

A la fin de 1666 et au commencement de 1667, Roberval et Buot déterminèrent la hauteur du pôle avec le sextant, et la trouvèrent de 48°52′ ¾ à 48°53′, valeur bien exacte, étant donnés les moyens employés, car, ainsi qu'on va le voir, le nombre exact est 48°52′1″. Dès ce moment, on avait sans doute tracé la méridienne qui était marquée par une règle de cuivre encastrée dans une pierre placée dans le jardin.

Le sextant n'avait alors que des pinnules ordinaires; et il en était encore de même le 21 juin suivant, quand on le transporta au point où l'on avait décidé de bâtir l'Observatoire.

C'est dans la seconde partie de la même année 1667, en juillet, août et septembre, qu'on substitua des lunettes aux pinnules des quarts de cercle. D'après J.-N. Delisle, ce perfectionnement capital serait dû à Roberval; mais d'ordinaire on l'attribue à Picard et Auzout.

Delisle basait son opinion sur un Mémoire qu'il avait trouvé dans les papiers de l'Académie, et qui portait ce titre : *Application des lunettes de longue vüe aux instruments à mesurer tant au ciel que sur terre par moy Roberval de l'Académie des Sciences à Paris.*

Roberval dit là qu'il a d'abord fait cette application au quart de cercle de 9 ½ pieds et qu'elle fut ensuite appliquée à d'autres quarts de cercle plus petits et à des sextants. J.-D. Cassini dit que dans les premiers temps la lunette n'était pas invariablement fixée au quart de cercle, mais qu'on pouvait l'enlever pour servir momentanément à d'autres usages.

Dans les registres de l'Académie on trouve des hauteurs méridiennes du Soleil prises par Picard au jardin de la Bibliothèque, avec le quart de cercle de 9 ½ pieds et le sextant de 6 pieds, à partir du 20 octobre 1667; et l'on fait observer qu'alors les pinnules étaient remplacées par « des verres de lunettes d'approche »; aussi admet-on d'ordinaire que cette substitution fut d'abord faite par Picard. Mais comme Ph. La Hire lui demandait un jour ce qui en était, il « répondit assés froidement que M. Auzout y avoit beaucoup de part » (²).

---

(¹) Voir *Anc. Mém.*, t. 7, p. 7-8. D'après les registres de l'Académie, ces miroirs avaient été prêtés par Petit; l'un était parabolique, de 15 pouces de diamètre et de 12 de foyer. Petit avait prêté aussi une lentille de 8,5 pouces de diamètre et de 10,5 de foyer.

(²) Ph. La Hire, *Recherche des dates de l'invention du Micromètre, des Horloges à pendule et des Lunettes d'approche* (*Mém. Acad.*, 1717, p. 78-87; voir page 83 du Mémoire).

Quoi qu'il en soit, cette substitution capitale fut d'abord faite au jardin de la rue Vivienne.

En août 1668, Huyghens et Picard y observèrent Saturne avec des lunettes de 21 pieds et mesurèrent l'inclinaison de l'anneau (¹). Puis en octobre et novembre, Picard fit là aussi diverses observations d'éclipses des satellites de Jupiter (²), qui paraissent être les premières faites en France et qui certainement sont les premières faites en vue de déterminer des longitudes.

On cessa bientôt d'observer en cet endroit, où sans doute la vue n'était pas assez libre; et après deux ou trois ans cet observatoire primitif fut abandonné.

C'est peut-être en raison de cette existence éphémère, quoique très glorieuse, que rien ne le rappelle aujourd'hui; même son emplacement n'est pas bien connu.

A l'année 1668, l'*Histoire de l'Académie* de Fontenelle dit que l'on voulut rapporter ce point à l'Observatoire, alors en construction près de la porte Saint-Jacques, et que dans le sens du méridien on trouva 1190 toises entre cette porte Saint-Jacques et la porte Saint-Martin; puis 150 toises entre la Bibliothèque du Roi et la porte Saint-Martin.

Évidemment, au lieu de porte Saint-Martin, on a voulu dire *porte Montmartre;* mais la conclusion n'en reste pas moins qu'il y aurait 950 toises entre la Bibliothèque et la porte Saint-Jacques, ou la face sud de l'Observatoire, qui passe sensiblement par cette dernière porte. La Bibliothèque se serait donc trouvée à 950 toises au nord de l'origine des latitudes, soit 1′5″.

Mais ce nombre est visiblement très inexact; la distance de 950 toises, en erreur presque de sa valeur entière, étant près de deux fois trop petit: il faut donc le rejeter et s'en rapporter aux données topographiques un peu grossières fournies par les plans de l'époque.

Celui de Nicolas de Fer (1697) place cette Bibliothèque au nord-est de la rue Colbert; c'est une erreur incontestable; et comme les plans antérieurs que nous connaissons ne peuvent être d'aucun secours, j'ai fait usage de ceux de Bernard Jaillot (1713), de J. de la Caille (1714) et de de la Grive (1728), dans les *reproductions* qui en ont été faites en 1880 (³) par les soins

(¹) *Anc. Mém.*, t. 10, p. 338.

(²) *Anc. Mém.*, t. 10, p. 337.

(³) *Histoire générale de Paris. — Atlas des anciens plans de Paris*, 1880; 1 vol. de texte et 2 vol. d'atlas, le tout grand in-folio.

du Conseil municipal; et les données de ces plans ont été comparées à un plan moderne, celui de l'*Atlas de Paris*, fait aussi en 1880 [1].

Dans chacun de ces trois anciens plans, désignons par A la position du milieu du jardin de l'ancienne Bibliothèque, fixé à vue par rapport aux bâtiments figurés, et admettons que l'axe OB de la rue Vivienne n'ait pas changé depuis 1666, non plus que les points O et B où cette ligne est rencontrée respectivement par l'axe de la rue Colbert et par celui de la rue des Petits-Champs.

Par rapport à OB comme axe des $x$, avec O comme origine, on a mesuré sur les trois premiers plans, les coordonnées X, Y du point A. On a ainsi obtenu les nombres suivants des colonnes OB, X, Y.

| Plan. | OA. | X. | Y. | $f$. | $f$X. | $f$Y. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | mm | mm | mm | | mm | mm |
| B. Jaillot (1713)..... | 19,4 | 9,1 | 6,5 | 1,933 | 17,6 | 12,6 |
| La Caille (1714)..... | 23,9 | 8,6 | 7,5 | 1,569 | 13,5 | 11,8 |
| La Grive (1728)..... | 28,0 | 10,3 | 6,5 | 1,339 | 13,8 | 8,7 |
| Atlas municipal (1880) | 37,5 | » | » | 1,000 | » | » |
| | | | | Moyennes......... | 15,0 | 11,0 |

$f$ est le rapport des valeurs de OA, pour chacun des trois plans utilisés, à la même longueur dans le plan de 1880, de sorte que les produits $f$X, $f$Y, correspondent, dans le plan de 1880, aux valeurs individuelles des coordonnées cherchées du milieu A du jardin; leurs valeurs moyennes sont $15^{mm},0$ et $11^{mm},0$.

D'un autre côté, appelons A′ le point où se coupent, à peu près à angle droit, les deux bras principaux de la galerie Vivienne d'aujourd'hui, marquée sur le plan de 1880. Par rapport aux mêmes axes, les coordonnées du point A′ sont $15^{mm},0$ et $12^{mm},0$; d'où il résulte que le point trouvé A est sur le bras de la galerie perpendiculaire à la rue Vivienne et à $5^{m}$ vers cette rue par rapport à A′.

D'ailleurs, il est naturel de penser qu'au lieu de placer les instruments au milieu A, on les plaçait plus à l'Est, afin de les éloigner des bâtiments. Parfois on les a d'ailleurs installés dans le bâtiment même; enfin, d'autres circonstances ignorées, comme la présence d'un arbre, etc., jointes à l'incertitude même des résultats ci-dessus, permettent de considérer le point A′ comme l'emplacement de cet observatoire.

---

(1) *Atlas municipal des vingt arrondissements de la Ville de Paris*, dressé sous la direction de M. Alphand, par M. L. Faure,... 1880, in-f°.

Maintenant il est facile de rapporter ce point A′ à l'Observatoire actuel. Des mesures immédiates, prises sur le plan de 1880, le placent à $49^{mm},2$ à l'est de la méridienne et à $81^{m},8$ au nord du parallèle de $3000^{m}$. Réduisant ces deux nombres en les rapportant à la longueur de $1000^{m}$, on trouve qu'ils représentent respectivement $247^{m},0$ et $408^{m},4$; de sorte que les coordonnées de ce point A′, par rapport à l'observatoire actuel, sont $247^{m},0$ à l'Est et $3408^{m},4$ ou $1748^{T},8$ au Nord.

En adoptant les constantes de l'ellipsoïde de Bessel, on trouve pour les différences correspondantes de longitude, de latitude et pour la latitude elle-même :

| | |
|---|---|
| Longitude Est.................... | $0°.0'.12'',1 = 0^{m}0^{s},81$ |
| Différence de latitude vers le Nord.. | $0.1.50,35$ |
| Latitude Nord.................... | $48.52.1,4$ |

## ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Correspondant pour la Section de Mécanique, en remplacement de M. *Considère*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 36,

| | | |
|---|---|---|
| M. Ariès | obtient........... | 22 suffrages |
| M. Rabut | » ........... | 11 » |
| M. Andrade | » ........... | 3 » |

M. **Ariès**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est élu Correspondant de l'Académie.

## CORRESPONDANCE.

M. **Paul Walden**, élu Correspondant pour la Section de Chimie, adresse des remercîments à l'Académie.

MM. **A. Battandier** et **Trabut**, **Samuel Bruère**, **E. Freyssinet**, **J. Havet** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la frontière normale d'une région ou d'un ensemble.* Note de M. **W.-H. Young** et Mme **Grace Chisholm Young**, présentée par M. Émile Picard.

1. Prenant le triangle comme élément plan, nous définirons *une région normale* comme l'ensemble des points intérieurs au sens large d'un ensemble de triangles. *Une région générale* est alors définie comme l'ensemble des points d'une région normale avec l'addition d'un ensemble quelconque des points limites de ceux-ci.

Les points d'une région sont répartis en deux classes distinctes :

1° *Points intérieurs* (au sens étroit);

2° *Points frontières* (Jordan, *Cours d'Analyse*, 2e édit., t. I, p. 20).

Ces derniers peuvent être répartis en deux sous-classes distinctes :

2*a*. *Points frontières normaux*, qui sont les sommets de triangles dont tous les points intérieurs (au sens étroit) appartiennent à la région;

2*b*. *Points frontières anormaux*.

La classe 2° peut manquer complètement. Par contre, la classe 2*b* peut constituer un ensemble de mesure positive. Nous allons démontrer que *la classe 2a gît sur un ensemble dénombrable de courbes non oscillatoires*. Elle constitue donc un ensemble de mesure nulle, *la frontière normale de la région*.

2. Traçons par un point P quelconque deux axes rectangulaires (horizontal et vertical), et désignons comme 1er, 2e, 3e *et* 4e *angles de* P les angles $\frac{1}{2}\pi$ ainsi déterminés, commençant par celui qui est à droite de la verticale ascendante et procédant dans le sens des aiguilles d'une montre. De même, définissons les 5e, 6e, ..., 12e angles de P, comme les angles $\frac{1}{2}\pi$ déterminés par les bissectrices des angles précédents, et ainsi de suite. De cette façon, nous obtiendrons pour chaque indice $n$ un angle avec P pour sommet et limité par des lignes droites de directions déterminées par l'indice; la grandeur de cet angle aura zéro pour limite, quand $n$ croît indéfiniment.

Soit P un point frontière normal de notre région R; il y aura des triangles avec P pour sommet, ne contenant (au sens étroit) que des points

de R. Parmi ceux-ci, prenons ceux dont les angles en P font partie de la série précédente, et soit $n$ le plus petit des indices correspondants. Ainsi les points frontières normaux sont répartis en une infinité dénombrable de classes distinctes, dans chacune desquelles les points P possèdent le même indice $n$. Il suffit donc de démontrer notre théorème pour l'une quelconque de ces classes.

Mais par projection et rotation nous pouvons transformer l'angle $n$ dans l'angle 1 pour tous les points P simultanément. Donc il suffit de démontrer notre théorème pour la classe 1°.

3. Or si P est un point frontière normal de la classe 1°, il y aura dans le premier angle de P des carrés avec P pour sommet, ne contenant (au sens étroit) que des points de R. Nous pouvons donc faire correspondre à P le plus petit entier $i$, tel qu'un de ces carrés ait pour longueur de ces côtés $2^{-i}$. De cette façon les points frontières normaux de la classe 1° seront répartis en une infinité dénombrable de sous-classes $S_1, S_2, \ldots, S_i, \ldots$; tous les points d'une de ces sous-classes ayant le même entier correspondant $i$. Il suffit de démontrer notre théorème pour $S_i$.

Divisons le plan en échiquier par des lignes horizontales et verticales à distances égales à $2^{-i}$. Il suffit de démontrer notre théorème pour les points de $S_i$ dans un des carrés C de l'échiquier.

Soit T l'ensemble des points et points limites de $S_i$ à l'intérieur de C. Si P est un point de T, tous les points du carré C dans le premier angle de P sont des points intérieurs de R; donc, il n'y en a pas qui appartiennent à l'ensemble T. Il s'ensuit que tous les points de T gisent dans le deuxième ou le quatrième angle de P, ou bien sur l'horizontale ou la verticale par P.

Prenons sur chaque verticale, ayant au moins un point de T, le plus haut $(x, y)$ de ces points. Si, entre deux de ces verticales, il n'y a pas de points de T, ajoutons sur chacune des verticales intermédiaires le point au même niveau que le point $(x, y)$ déjà déterminé qui est le plus proche à droite. Nous aurons ainsi un point unique $(x, y)$ pour chaque $x$, et $y$ sera une fonction monotone non décroissante de $x$. En ajoutant les segments verticaux qui contiennent les autres points de T, nous aurons une courbe non oscillatoire qui contiendra tous les points frontières normaux de classe 1° de notre région R dans le carré C. Notre théorème est donc démontré.

4. Si, au lieu d'une région, nous prenons un ensemble plan quelconque,

nous aurons la même répartition de ses points entre les classes 1°, $2a$ et $2b$. Mais, à côté de la classe $2a$, on distinguera naturellement une classe $2a'$, composée des points frontières qui sont les sommets de triangles dont les points intérieurs (au sens étroit) appartiennent à l'ensemble complémentaire. Ces deux classes $2a$ et $2a'$ ne sont pas nécessairement distinctes, mais le même raisonnement appliqué à l'ensemble et à son ensemble complémentaire démontre qu'elles gisent toutes les deux sur un ensemble dénombrable de courbes non oscillatoires.

Les points frontières qui n'appartiennent ni à la classe $2a$, ni à $2a'$, seront d'une nature extrêmement épineuse, de vrais hérissons mathématiques.

5. De notre théorème descriptif nous pouvons tirer facilement le résultat métrique suivant : *un ensemble plan quelconque peut être divisé en deux sous-ensembles, dont le premier est de mesure nulle, et dont le second est tel qu'un triangle quelconque contenant au sens large un de ses points, en contient un ensemble de mesure positive.*

6. Toutes ces considérations subsistent encore, *mutatis mutandis*, dans l'espace à trois ou à $n$ dimensions.

CINÉMATIQUE. — *Sur un mouvement plan particulier à deux paramètres.* Note (¹) de M. G. Kœnigs.

1. Je me propose de faire connaître quelques nouvelles propriétés des mouvements plans à deux paramètres. Je m'occuperai en premier lieu d'un mouvement particulier qui est à vrai dire essentiel dans la réalisation des liaisons mécaniques, mais dont une propriété singulière n'avait pas encore été dégagée.

2. Rappelons d'abord que, si un plan mobile $\Pi$ glisse sur un plan fixe $\Pi_1$, sa position dépend de trois paramètres, par exemple les coordonnées $a$, $b$ d'un de ses points O par rapport à deux axes rectangulaires $O_1X_1$, $O_1Y_1$ tracés dans $\Pi_1$ et l'angle $\theta$ que fait un axe OX solidaire du plan $\Pi$ avec l'axe $O_1X_1$ solidaire du plan $\Pi_1$.

(¹) Séance du 30 octobre 1916.

Si l'on impose aux positions du plan Π une condition se traduisant par une équation entre $a$, $b$, $\theta$, l'ensemble de ces positions ne dépend plus que de deux paramètres et l'on dit que Π possède par rapport à $\Pi_1$ un *mouvement à deux paramètres* ou de *liberté* 2 ; nous appellerons $\mathfrak{M}^2$ un tel mouvement.

Si par exemple on impose à $\theta$ d'être constant, $a$, $b$ restent arbitrairement variables et l'on obtient la translation $\varpi^2$ à deux paramètres dans le plan.

Mais ce cas écarté, $\theta$ est variable avec la position du plan Π dans le plan $\Pi_1$ et, conjointement avec un paramètre $u$, qu'on peut choisir arbitrairement, constitue le système des deux variables ou paramètres dont dépend la position du plan Π par rapport au plan $\Pi_1$.

3. Si l'on considère dans $\mathfrak{M}^2$ une succession de positions dépendant d'un paramètre, autrement dit si l'on considère un mouvement $\mathfrak{M}^1$ à un paramètre contenu dans $\mathfrak{M}^2$, la variable $u$ sera une fonction de l'angle $\theta$ et, dans ce sens, nous pouvons parler des dérivées première et seconde $u'$, $u''$ de $u$ par rapport à $\theta$.

Il faut cependant observer qu'à partir de toute position $\mathcal{P}$ du plan Π dans le plan $\Pi_1$ il existe une translation $\varpi^1$ à un paramètre contenue dans $\mathfrak{M}^2$; on l'obtient en laissant à $\theta$ la valeur constante qu'il a dans la position $\mathcal{P}$. Cette translation correspond à une valeur infinie de $u'$.

4. Supposons que OX, OY soient deux axes rectangulaires solidaires du plan Π, soit M un point de coordonnées $x$, $y$, solidaire du plan mobile. Du fait des variations $d\theta$, $du$ des deux paramètres de position, le plan Π change infiniment peu de place et le point M subit un déplacement dont les projections $D_x$, $D_y$ sur OX, OY ont pour expressions :

$$D_x = \xi\, d\theta + \xi_1\, du - y\, d\theta, \qquad D_y = \eta\, d\theta + \eta_1\, du + x\, d\theta.$$

Il en résulte que pour un mouvement $\mathfrak{M}^1$, contenu dans $\mathfrak{M}^2$ et s'effectuant à partir de la position $\mathcal{P}$ correspondant aux valeurs $\theta$, $u$ des paramètres, le centre instantané I a pour coordonnées

$$(2) \qquad x_I = -\eta - \eta_1 u', \qquad y_I = \xi + \xi_1 u'.$$

S'il s'agit de la translation $\varpi_1$ on voit que sa direction est celle du vecteur $\xi_1$, $\eta_1$; le centre instantané est alors à l'infini sur une direction perpendiculaire à celle-là.

Ceci posé si l'on cherche le lieu du point I pour tous les $\mathfrak{M}^1$ contenus

dans $\mathfrak{M}^2$ et qui s'effectuent à partir de la position $\mathfrak{P}$, on voit, par l'élimination de $u'$, que leur lieu est la droite $d_I$ qui a pour équation

$$\xi_1 X + \eta_1 Y + \eta\xi_1 - \xi\eta_1 = 0. \tag{3}$$

5. Les coefficients $\frac{\eta_1}{\xi_1}$ et $\eta - \xi\frac{\eta_1}{\xi_1}$ de cette équation sont généralement des fonctions indépendantes entre elles des variables $\theta$, $u$, et alors, si l'on envisage les diverses positions $\mathfrak{P}$ du plan $\Pi$ dans le plan $\Pi_1$ et les droites $d_I$ correspondant à chacune d'elles, on constate que les positions de ces droites constituent un continuum doublement indéterminé.

Mais il se peut aussi que les coefficients de l'équation de la droite $d_I$ soient fonctions l'un de l'autre, auquel cas la droite $d_I$ possède une enveloppe $(e)$ dans le plan mobile $\Pi$, cette enveloppe pouvant se réduire à un point et même ce point pouvant être rejeté à l'infini. Dans ce dernier cas, la droite $d_I$ conserve une direction constante dans le plan $\Pi$.

Je me suis en premier lieu proposé de rechercher tous les $\mathfrak{M}^2$ pour lesquels la droite $d_I$ possède une enveloppe dans le plan mobile.

On sait que les fonctions $\xi$, $\eta$, $\xi_1$, $\eta_1$ ne sont pas arbitraires; elles doivent vérifier le système de conditions, dites *d'intégrabilité*,

$$\frac{\partial\xi_1}{\partial\theta} - \frac{\partial\xi}{\partial u} - \eta_1 = 0, \qquad \frac{\partial\eta_1}{\partial\theta} - \frac{\partial\eta}{\partial u} + \xi_1 = 0. \tag{4}$$

L'intégration de ces équations, dans l'hypothèse où $\eta - \xi\frac{\eta_1}{\xi_1}$ est fonction de $\frac{\eta_1}{\xi_1}$, donne la solution de la question. Je me bornerai ici à énoncer les résultats :

1° Lorsque la droite $d_I$, lieu du centre instantané, ne dépend que d'un paramètre $\varphi$ dans le plan mobile, elle ne dépend aussi que d'un paramètre $\psi$ dans le plan fixe et réciproquement (comme le fait voir la considération du mouvement inverse).

2° Les deux paramètres $\varphi$, $\psi$ sont indépendants l'un de l'autre.

3° Le mouvement est défini par le roulement sans glissement d'une courbe $(e)$ solidaire du plan mobile sur une droite $d$, tandis que celle-ci roule sans glisser sur une courbe $(e_1)$ solidaire du plan fixe. Les deux roulements sont indépendants l'un de l'autre. La droite $d$ est la droite $d_I$.

4° Le fait que le mouvement de $d$ par rapport à chacun des plans $\Pi$, $\Pi_1$ ne dépend que d'un paramètre met en évidence que le $\mathfrak{M}^2$ considéré est *décomposable*, suivant une locution que j'ai déjà utilisée dans des travaux antérieurs.

5° Un point P pris sur la droite $d$ décrit dans chacun des plans $\Pi$, $\Pi_1$ des courbes $(a)$, $(a_1)$ qui sont des développantes respectives des courbes $(e)$, $(e_1)$.

Au cours du mouvement, ces profils $(a)$, $(a_1)$ demeurent en contact de telle façon que le contact peut avoir lieu en un point arbitraire de chacun d'eux et cette condition peut suffire à définir le mouvement $\mathfrak{M}^2$.

On peut du reste substituer à $(a)$, $(a_1)$ un couple de profils parallèles, ce qui revient à faire un autre choix du point P sur la droite $d$.

Si l'on songe que le procédé de réalisation des liaisons dans les mécanismes consiste précisément à imposer le contact de couples de profils tels que $(a)$, $(a_1)$, on voit que le $\mathfrak{M}^2$ auquel nous aboutissons est en quelque sorte l'élément primordial des mécanismes et il est très digne de remarque qu'il soit justement caractérisé par la propriété si spéciale qui concerne ses droites $d_I$.

## CHIMIE MINÉRALE. — *Poids atomique du plomb.* Note [1] de MM. Œchsner de Coninck et Gérard.

I. Nous avons déterminé le poids moléculaire de l'oxyde de plomb; nous en avons déduit le poids atomique du plomb. Nous avons purifié le plomb que nous avions en mains, par plusieurs traitements avec des liqueurs acides appropriées; finalement, nous avons traité par un acide nitrique, purifié lui-même, et préparé ainsi un nitrate de plomb pur. Nous l'avons obtenu à l'état anhydre.

Soient $p$ le poids de nitrate employé et $p'$ le poids de l'oxyde obtenu par calcination; le poids moléculaire de l'oxyde de plomb est donné par l'équation $\frac{p}{p'} = \frac{x+108}{x}$.

Quatre déterminations ont été faites :

| | $p$. | $p'$. | Poids moléculaire de l'oxyde de plomb. | Poids atomique du plomb. |
|---|---|---|---|---|
| I | 0g,9054 | 0g,6099 | 222,91 | 206,91 |
| II | 0,7243 | 0,4880 | 223,03 | 207,03 |
| III | 0,8149 | 0,5490 | 222,98 | 206,98 |
| IV | 0,6338 | 0,4270 | 222,99 | 206,99 |

[1] Séance du 30 octobre 1916.

La moyenne de ces quatre nombres donne, pour le poids atomique du plomb, la valeur 206,98. La Commission internationale a adopté, en 1904, le nombre 206,90.

II. Nous avons ensuite déterminé le poids atomique du plomb extrait des minerais d'urane, en éliminant autant que possible le plomb qui ne serait pas d'origine radioactive.

Nous avons trouvé, comme moyenne de trois déterminations, le nombre 206,71 qui se rapproche extrêmement du nombre 206,73 trouvé récemment par M. Hönigschmidt et M^lle^ Horowitz.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Les dunes continentales des landes de Gascogne.* Note [1] de MM. **Edouard Harlé** et **Jacques Harlé**.

Les landes de Gascogne, dont la côte, longue de $240^{km}$, est bordée par une large bande de hautes dunes maritimes, sont comme saupoudrées de nombreuses dunes peu élevées. Ces *dunes continentales* ont été décrites, au XVIII^e^ siècle, près de Dax, par de Borda d'Oro, mais sans reconnaître leur qualité de dunes, ce qui semble prouver qu'elles étaient déjà fixées. Elles ont été étudiées, depuis, par Thore, Durègne, Welsch et d'autres savants parmi lesquels je dois citer Pierre Buffault, qui en a remarqué entre Casteljaloux et Houiellès, et Blayac, qui en a découvert à Saint-Médard-en-Jalles, tout près de Bordeaux. L'un de nous a présenté deux Notes à leur sujet à la Société géologique de France, en 1912, mais de nombreuses courses, plus récentes, nous permettent de reprendre utilement la question.

Nos *dunes continentales* ne dépassent guère $15^m$ à $20^m$ de hauteur et sont généralement plus petites. Elles sont maintenant fixées par la végétation. Si l'on fait abstraction de celles qui ont été créées, par le vent d'Ouest, sur la rive orientale des grands étangs d'Hourtin, Lacanau et Sanguinet, elles doivent, à notre avis, être divisées en *dunes de vallées* et *dunes de plateaux*.

Les premières bordent beaucoup de nos vallées landaises, sur leurs rives nord et sud, ouest et est, et elles y occupent, au plus, quelques centaines de mètres de largeur. Elles sont dues à l'action exercée par le vent, soit sur le fond de la vallée (Leyre en aval de Mios), soit, bien plus souvent, sur ses berges.

---

[1] Séance du 30 octobre 1916.

Nos *dunes de plateaux* ont été créées aux dépens du sol en dehors des vallées. Elles affectent souvent la forme de paraboles dont l'axe est Ouest à Est, ou Ouest un peu Nord à Est un peu Sud, avec, à l'Est, le sommet géométrique (que nous appellerons *tête* pour éviter toutes confusions avec le point culminant). Déjà, au XVIII$^e$ siècle, Belleyme, ingénieur géographe du Roi, avait remarqué cette forme et l'avait figurée et schématisée pour de nombreuses dunes continentales de nos landes, sur sa grande carte de Guyenne. Ces dunes paraboliques sont dues au vent d'Ouest, ou Ouest un peu Nord, agissant, soit directement sur la plaine, soit sur des dunes déjà édifiées précédemment. Elles n'ont pu se constituer, avec cette forme, que lorsque l'action du vent était gênée par une certaine végétation. Leur longueur, suivant l'axe, atteint parfois plusieurs kilomètres.

Nous devons mentionner aussi, parmi les dunes de plateaux, celles qui s'étendent soit en files continues, soit en traînées discontinues, de plusieurs kilomètres de longueur et de direction Ouest à Est, ou Ouest un peu Nord à Est un peu Sud. Cette disposition a parfois commandé la direction des cours d'eau : ainsi, entre Ychoux et Pissos et à l'est de Labouheyre.

On conçoit qu'en faisant cheminer du sable à travers une plaine plus ou moins fixée, le vent produise des traînées de dunes.

L'*alios*, couche où le sable est aggloméré par un ciment brun, et qui règne près de la surface de nos landes, recouvre, de même, beaucoup de nos dunes continentales, comme Pigeon l'a remarqué en 1849. L'alios est un résultat de la pourriture des végétaux et sa présence sur une dune prouve qu'elle a été fixée très anciennement par la végétation.

Une faible végétation empêchant l'action du vent d'être générale, mais lui permettant cependant de s'exercer localement, a occasionné le creusement d'excavations elliptiques, dont le produit a été rejeté en avant et latéralement. L'un de nous a proposé, pour ce déblai et ce remblai, le nom de *caoudeyre*, mot de la langue gasconne qui signifie *marmite*, et par lequel nous en avons entendu désigner plusieurs aux environs de Parentis. Nous avons vu des centaines de caoudeyres. Elle ont été creusées par le vent d'Ouest et leur grand axe est Ouest à Est et leur extrémité d'avant, ou *tête*, est à l'Est, avec quelques variations. Il y en a de toutes grandeurs. Des caoudeyres presque rondes, creusées au sommet de petites dunes, semblent des cratères de volcans: ainsi, par exemple, celles de Pié Bournet et de Narp, près de Parentis. D'autres, très grandes, sont presque des paraboles. Mais la plupart sont des intermédiaires entre ces deux extrêmes. Il n'est pas rare que la tête ait été crevée par le vent et présente ainsi un, deux et

même quatre dégorgements. Des caoudeyres ont été constituées aux dépens de la plaine, mais la plupart sont dans des dunes et marquent la fin extrême de leur activité. Les branches de telle dune parabolique, comme celles de Cazalis et de la gare de Laluque, ont été sciées par des caoudeyres qui, souvent, sont dues à un vent un peu plus Sud que celui de la parabole. Les caoudeyres traversent l'alios sans que ce déblai semble avoir présenté la moindre difficulté. A la grande dune parabolique de la gare de Laluque, par exemple, dont les branches n'ont guère moins de 3^km de longueur et sont suivies, près de leur surface, par la couche d'alios, de nombreuses caoudeyres ont scié ces branches. Elles montrent que, postérieurement au temps, fort long, pendant lequel cette dune a été couverte par la végétation qui a formé l'alios, le sable a été assez nu, par endroits, pour permettre des attaques locales par le vent.

Les dunes et les berges des vallées ont été attaquées de même par des caoudeyres, aussi de vent Ouest.

Le type en forme de vagues perpendiculaires au vent, qui s'est magnifiquement développé à nos dunes du bord de l'Océan, n'existe pas dans nos dunes continentales. Il exige, pour sa création et sa conservation, que le sable soit entièrement nu, sans végétation, de manière à permettre au vent une action d'ensemble, condition qui n'était nullement remplie à nos dunes continentales, du moins dans les derniers temps de leur activité.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur la présence de formes d'érosion éolienne à l'île de Wight (Hampshire).* Note (¹) de M. **Robert César-Franck**, présentée par M. Pierre Termier.

Il existe à l'île de Wight des formes d'érosion éolienne présentant cette particularité d'être très différenciées suivant qu'on les observe sur les côtes nord ou sur les côtes sud. Sur les rivages du Solent et du Spithead, n'apparaissent en effet que des phénomènes de dépôt, dunes ou bancs de sable, localisés par conséquent au pied de basses falaises ou en avant d'estuaires; au contraire, sur les côtes qui regardent la Manche, c'est sur le sommet et le front de hautes falaises gréseuses, à des altitudes de 40^m à 60^m au-dessus du niveau de la mer, que se présentent les formes éoliennes de corrasion et de déflation, et ce n'est qu'exceptionnellement que l'on constate l'édifi-

(¹) Séance du 30 octobre 1916.

cation de dunes sur les parties hautes de ces falaises, comme à Terrace Cliff et à Whale Chine.

Les formes éoliennes des côtes nord de Wight paraissent avoir pour cause déterminante d'abord les conditions structurales de la côte qui présente une plate-forme d'abrasion marine plus ou moins large, inclinée vers la mer, condition qui facilite l'édification de dunes sur le littoral. De plus, sur les rives plates des étroits chenaux peu profonds qui séparent Wight du Hampshire, on peut observer que les mouvements de flux et de reflux des fortes marées qui pénètrent par le Solent pour revenir par le Spithead, indépendamment des fluctuations produites par les courants des rivières conséquentes de l'ancien réseau hydrographique du Frome, laissent de larges espaces à découvert entre deux marées, condition qui permet au sable de devenir mobile. Il existe par conséquent, sur les deux rivages qui séparent l'île de Wight de son ancienne attache, aussi bien sur ses rives nord que sur les côtes du Hampshire, un ensemble de conditions qui, sur un espace limité, favorisent l'accumulation des sables.

Sur le Solent, c'est à l'embouchure de la Newtown River et de la Yar occidentale, en avant de ces estuaires en voie de comblement par l'apport de leurs propres alluvions et aussi par le sable, qu'on remarque la formation de bancs sableux, constitués en partie par du sable éolien, orientés parallèlement à la côte et en relation directe avec le vent dominant de l'ouest, mais aussi avec les courants rasants de la côte et le courant de flot de la rivière. L'action du vent se traduit sur ces sables par la formation de rides parallèles d'une amplitude souvent assez élevée et de direction normale au vent, et par l'édification de dunes minuscules, celles-ci atteignant déjà cependant plus d'importance, dans la baie de Newtown qui est plus largement ouverte et par conséquent soumise d'une façon plus directe à l'action des vents. Sur le Spithead, entre la pointe qui supporte les ruines de la chapelle de S^t Helen au sud de Node's P^t et le barrage qui a été construit presque à l'extrémité aval de la Yar orientale, s'étend une étroite région de sables éoliens où des dunes orientées normalement au vent d'est sont déjà en parties fixées; elles protègent le bassin de S^t Helen lorsqu'il est rempli par le flot de la marée.

Les formes éoliennes d'érosion qui caractérisent au contraire les côtes sud de Wight paraissent avoir pour cause déterminante l'action dominante du vent de l'W. S. W. sur des falaises de nature essentiellement friable, constituées par les grès ferrugineux du Lower Greensand. Ces grès, le plus souvent mal cimentés, se prêtent à une désagrégation facile

par le vent chargé de particules sableuses et par les intempéries. C'est ce qui explique la double érosion de corrasion et de déflation éolienne qui se manifeste sur tout le front de falaise qui s'étend entre la pointe d'Atherfield et Blackgang Chine, et même au delà, jusque près de Rocken End, et sur presque toute l'étendue des falaises de la baie de Sandown.

Sur la côte sud-est, dans la partie ouest de la baie de Sandown, depuis Little Stair's P[t], près de la faille, jusqu'aux abords immédiats de Sandown, s'élèvent de hautes falaises de grès ferrugineux (Lower Greensand) dont le front, exposé aux vents de l'est et du sud, présente de remarquables formes éoliennes de déflation avec une structure alvéolaire très nette. Dans la partie nord de cette même baie, apparaît au contraire sur la falaise de Redcliff, de même constitution, des formes de corrasion qui se traduisent par un burinage actif et un système de stries parallèles, souvent entre-croisées par suite du glissement sur les argiles d'Atherfield de ces grès qui se sont ainsi trouvés exposés sous des angles différents à l'action du vent, la descente des grès ayant eu lieu par saccades et par pans successifs.

Sur la côte sud-ouest, dans les baies de Compton, de Brixton et particulièrement dans celle de Chale se présentent, non moins bien caractérisées, les formes éoliennes de déflation et de corrasion. A Cliff Terrace notamment, près de Chale, sur une terrasse de dénudation résultant d'un ruissellement intense, on peut trouver parmi les graviers de vallée descendus des parties hautes, des cailloux à facette, vermiculés, polis, tout à fait caractéristiques et, sur le bord marginal de cette terrasse, des dunes bien caractérisées ont pu s'édifier. Près de Rocken End, à la hauteur de West Cliff sur les pentes de l'Undercliff, se dresse un curieux bloc de grès de $2^m$ environ, provenant d'éboulement de la falaise cénomanienne et sur lequel, par suite de l'hétérogénéité de sa constitution, on peut nettement définir les deux formes de déflation classique, vermiculaire à la base dans les grès plus durs, alvéolaire dans la partie supérieure plus tendre.

Dans les *Chines*, coupures dans la falaise qui rappellent les valleuses du pays de Caux, se présentent parfois un phénomène d'érosion tourbillonnaire des sables, si fréquent dans les régions désertiques, étudié et bien mis en lumière par Jean Brunhes (¹) et que Charles Vélain a synthétisé d'une

(¹) JEAN BRUNHES, *Sur le rôle des tourbillons dans l'érosion éolienne* (*Comptes rendus*, t. 135, 1902, p. 1132). — *Érosion tourbillonnaire éolienne. Contribution à l'étude de la morphologie désertique* (*Mem. della Pontificia Acad. Romana dei Nuovi Lincei*, Rome, t. 21, 1903, p. 129).

façon remarquable dans une étude récente sur l'érosion éolienne [1]. Whale Chine, en particulier, offre le cas intéressant de l'isolement dans la partie centrale de l'amphithéâtre où se manifeste le mouvement giratoire, d'un piton à forme plus ou moins accuminée dont la présence s'explique par les lois du mouvement tourbillonnaire, le maximum de vitesse se produisant toujours sur les points les plus éloignés du centre. Dominant la côte sud de Wight enfin, se dresse la haute falaise cénomanienne (Upper Greensand) constituée par une alternance de couches tendres de grès mal agglutinés (Malm), de marnes chloritées et de couches dures représentées par des bancs de silex, sur laquelle, par suite de l'action du vent, il y a mise en saillie des bancs de silex après creusement des grès et des marnes. Cette forme éolienne de corrasion est particulièrement nette à Gore Cliff et à West Cliff et dans la partie de la falaise qui domine Binnel Bay entre Niton et S^t Lawrence. A Cripple Path, un chemin accidenté, taillé dans le roc de la falaise, permet d'examiner de près le remarquable déchiquetage de la pierre. Dans l'*Inland*, à l'intérieur, on peut retrouver cette même forme de corrasion très nettement caractérisée sur le front nord-ouest et nord de ces mêmes formations gréso-marneuses avec bancs de concrétions et de silex couronnés par la craie et qui portent respectivement les noms de S^t Catherine's Down, Stenbury Down et S^t Boniface's Down.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur les traces de la période glaciaire en Albanie et Nouvelle Serbie (bassins supérieurs du Drim Noir et de la Skumba).* Note de M. **J. Dedijer**, présentée par M. Pierre Termier.

Aux mois de juillet et d'août 1915 je me suis occupé d'études morphologiques et glaciologiques dans les bassins du Crni Drim (Drim Noir) et de la Skumba supérieure. Les résultats acquis ont été complétés en octobre 1915.

Plusieurs chaînons, rivières et ruisseaux ont été découverts, notamment la montagne Mali Kuć dont l'altitude a été fixée à $2150^{m}$-$2200^{m}$. Le Stogovo, la Jablanica et le Mali Kuć m'ont montré des traces évidentes d'anciens glaciers dont quelques-uns sont descendus jusque dans la vallée du Drim Noir et jusqu'à la plaine de Struga.

---

(1) Charles Vélain, *L'érosion éolienne et ses effets dans les régions désertiques* (*Rev. de Géog. ann.*, t. 4, 1910, p. 359).

Dans le Stogovo ($2270^{m}$) j'ai trouvé quatre cirques dont deux ont donné naissance à deux glaciers de vallée descendant jusqu'à $1510^{m}$ et $1575^{m}$.

La Jablanica ($20^{km}$-$25^{km}$ de longueur) est divisée par divers cols en quatre chaînons principaux. Dans le chaînon septentrional, appelé Raduč ($2109^{m}$), j'ai trouvé quatre cirques qui ont donné naissance à des glaciers dont les moraines soudées forment une digue longue de $7^{km}$ à $10^{km}$ avec une branche méridionale descendant au-dessous du village de Lukovo et une septentrionale au-dessous du village de Modrič ($750^{m}$). Dans le plus haut chaînon de la Jablanica, qui s'appelle Višarica ($2312^{m}$), se sont développés plusieurs cirques vastes et profonds, frangés de cirques secondaires. Les moraines n'existent plus ici que dans les cirques, ayant été vraisemblablement, dans les vallées plus profondes, détruites par l'érosion. Le chaînon Crno Kamenje (« Rocher Noir », $2210^{m}$-$2230^{m}$) présente les traces glaciaires les plus importantes. J'y ai trouvé cinq cirques à gradins présentant deux étages de cirques secondaires et trois grandes traînées morainiques descendant jusqu'au fond de la plaine de Struga; les deux premières traînées, longues de $7^{km}$-$8^{km}$, dépassent les villages de Labuništa et de Podgorci ($750^{m}$-$830^{m}$); la troisième va jusqu'au-dessous du village de Vevčani ($675^{m}$-$710^{m}$). Par un col entre Crno Kamenje et le sommet Krstac ($2232^{m}$), est descendu un glacier de vallée dont nous trouvons les plus basses moraines au-dessus du village de Gornja Belica ($1390$-$1420^{m}$).

Le Mali Kuć, situé à l'ouest de la Jablanica, au nord de la vallée de la Škumba supérieure et au nord-ouest de la cuvette Mokra, représente la partie la plus haute d'une chaîne dont la partie sud-occidentale, plus basse, est connue, d'après les cartes topographiques, sous le nom de Mali Šebenikut. Elle est drainée principalement par la rivière Bistrica qui la sépare du Mali Šebenikut, et qui débouche par une gorge étroite et profonde au nord-ouest du village de Kiuks dans la vallée de la Škumba. Sur le Mali Kuć, j'ai trouvé huit grands cirques, dont cinq sont situés sur la pente orientale et trois sur la pente occidentale, avec plusieurs moraines et trois lacs. Les moraines les plus basses sont dans la vallée de la Bistrica et de la Škumba supérieure.

Il reste encore pour les recherches futures à établir les relations des moraines les plus basses de Jablanica et du Mali Kuć avec les terrasses de l'ancien lac d'Ochrid et des rivières Crni Drim et Škumba.

BOTANIQUE. — *Sur les plantules de quelques Laminaires.* Note [1] de M. C. SAUVAGEAU, présentée par M. Guignard.

Dans une Note précédente [2], j'ai brièvement décrit les premiers stades du développement des plantules du *Saccorhiza bulbosa*; ils diffèrent quelque peu chez les *Laminaria flexicaulis* et *L. saccharina*.

Je rappelle que, chez le *S. bulbosa*, chaque élément de l'embryon segmenté transversalement joue un rôle déterminé. La cellule inférieure s'allonge en un rhizoïde qui descend dans la cavité de l'oogone. La zone génératrice stipo-frondale (Janczewski), ou zone transitionnelle des auteurs de langue anglaise, se différencie avant que les cellules du stipe soient divisées longitudinalement, et cela dans la nature comme dans les cultures. Chaque cellule des étages produits dans la lame par cet *accroissement intercalaire localisé* devient elle-même le siège d'un *accroissement intercalaire dispersé*, par un ou plusieurs cloisonnements en croix, qui augmente le nombre des assises transversales et des files longitudinales.

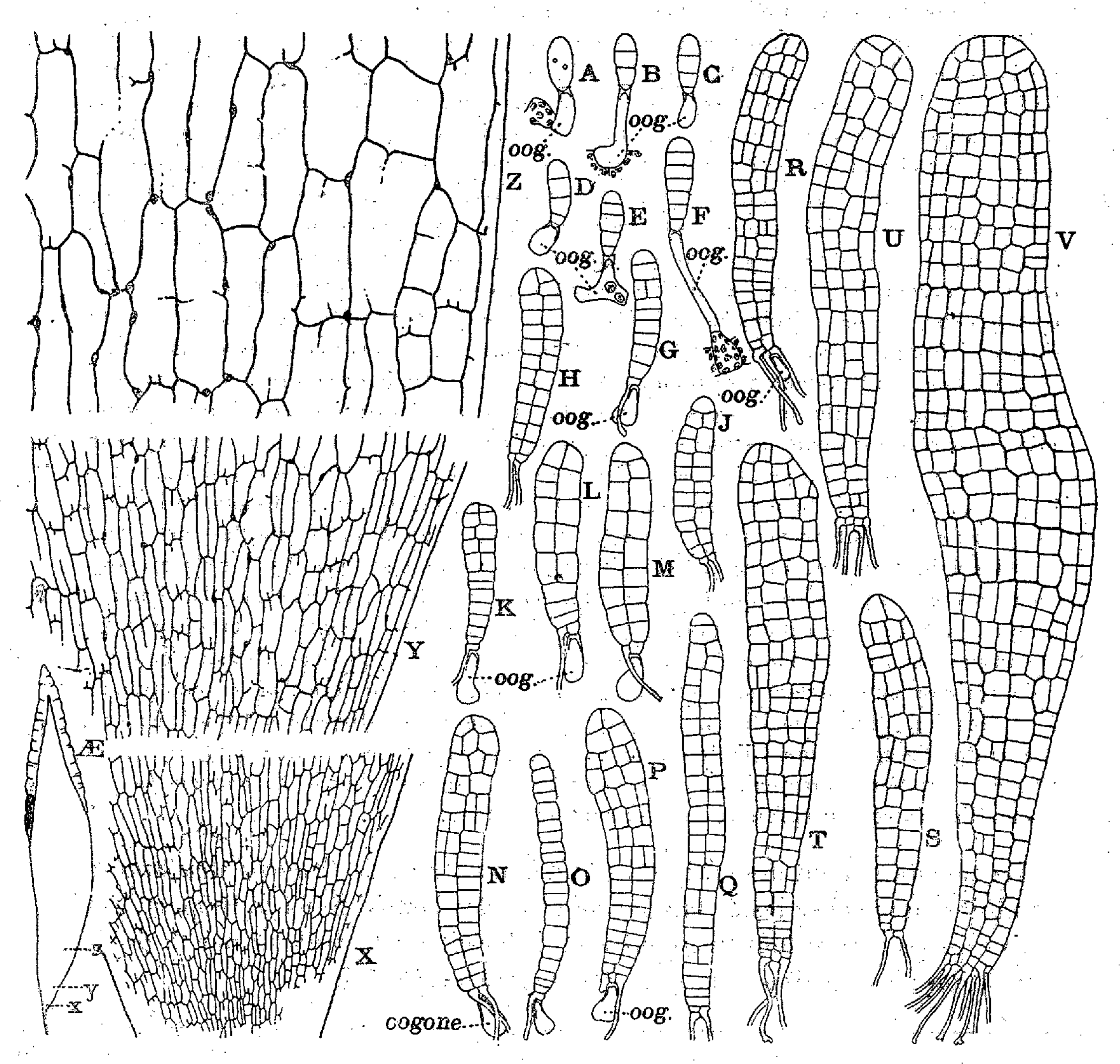
Dans tous les dessins ci-contre, j'ai représenté des plantules de *L. saccharina*, à cause de leur moindre largeur, mais les phénomènes sont étroitement comparables chez le *L. flexicaulis*. Les cloisons transversales qui divisent l'embryon allongé apparaissent sans ordre fixe. La première est approximativement médiane; les deux cellules ainsi formées, puis leurs cellules filles, se divisant simultanément ou successivement, l'embryon possède un nombre pair ou impair de cellules qui, en s'élargissant, déterminent le futur plan de la lame; leur âge relatif, parfois peu distinct de face, se reconnaît toujours de profil même sur les plantules plus âgées (*fig.* O). Une cloison, parfois la troisième formée (*fig.* C), mais généralement plus tardive, isole une cellule basilaire aplatie d'où partiront les premiers rhizoïdes. Bientôt, une cloison longitudinale apparaît dans la région moyenne (*fig.* G), puis dans toutes les cellules (*fig.* H), la progression se faisant simultanément ou inégalement (*fig.* J, K) vers le haut et vers le bas; les plantules L et M, prises sur un même prothalle et approximativement de même âge, montrent ces variations. Deux cloisons successives en croix divisent ultérieurement chaque cellule ainsi formée et la plantule est alors constituée par quatre files longitudinales, puis huit (*fig.* V), et ainsi de suite avec plus ou moins de régularité; toutefois, la portion basilaire subit toujours un retard qui l'atténue, bien qu'une distinction nette en stipe et lame devienne possible seulement à des stades plus âgés. D'ailleurs, si certaines plantules présentent, vers leur base, un cloisonnement transversal plus actif, semblant un début de zone transitionnelle (*fig.* R, S, T), d'autres n'en montrent pas (*fig.* V). La partie inférieure s'épaissit assez rapidement par des cloisonnements parallèles à la surface, tandis que la partie supérieure, beaucoup plus

---

[1] Séance du 30 octobre 1916.

[2] C. SAUVAGEAU, *Sur les débuts du développement d'une Laminaire* (Saccorhiza bulbosa) (*Comptes rendus*, t. 161, 1915, p. 740).

longue, reste monostromatique. La différenciation de la zone génératrice est donc notablement plus tardive et moins strictement localisée que chez le *S. bulbosa*. La




*Laminaria saccharina.* — A à V (gross. 190), jeunes plantules vues de face, sauf O qui est vu de profil; *oog.*, oogone vidé; l'oogone de E renferme deux globules résiduels de protoplasme; Æ (grand. nat.), jeune individu à sommet monostromatique sur lequel, aux niveaux $x$, $y$, $z$, ont été pris les dessins X, Y, Z (gross. 30).

région moyenne des plantules monostromatiques du *L. flexicaulis* devient généralement plus large que celle du *L. saccharina*.

Le premier rhizoïde, qui pénètre parfois dans la cavité de l'oogone, s'applique généralement contre sa paroi, que les suivants enserrent et masquent de plus en plus. La

cellule inférieure de l'embryon en produit deux ou trois après cloisonnement longitudinal; des cellules séparées successivement fournissent les suivants (*fig.* G à V); tous, contrairement à ceux du *S. bulbosa*, manquent de cloisons.

Pas plus que chez le *S. bulbosa*, il n'existe à aucun moment de cellules subapicales initiales de la lame, comme Yendo ([1]) en signale chez des espèces japonaises. D'après Killian ([2]), le cloisonnement de l'assise apicale des plantules de *L. flexicaulis* (*L. digitata*) rappellerait, dans une certaine mesure, celui des *Fucus*. J'estime, au contraire, qu'il est sans importance; il est simplement en retard sur celui des autres assises et toujours moins actif. L'arrangement des assises sous-apicales gagne en régularité, tandis que leur capacité de cloisonnement diminue et le sommet s'atténue (*fig.* V). Killian attribue à un méristème marginal une importance quasi comparable, pour l'accroissement en largeur de la lame, à celle du méristème stipo-frondal pour son accroissement en longueur; or, les cellules marginales se divisent plutôt moins que les autres. On s'en rend compte par l'examen direct, et encore mieux, sur les plantules à base polystromatique, par l'examen des canaux mucifères, préalablement colorés. Ainsi, dans la région transitionnelle, les parois séparant les files longitudinales de cellules épidermiques paraissent épaissies parce que, comme Guignard l'a établi ([3]), leur lamelle moyenne se gonfle; un peu au-dessus (au niveau *x*, *fig.* A et X), les massifs glandulaires apparaissent, du mucilage se répand dans les méats longitudinaux reliés dès lors par des méats transversaux, dessinant un réseau serré dont les mailles incluent 2 à 4 files épidermiques. Le réseau élargit progressivement ses mailles par l'accroissement intercalaire dispersé qui les affecte toutes et, au niveau *y* (*fig.* A et Y), chacune inclut 4 à 8 files de cellules plus grandes. Le phénomène se continue, tandis que les canaux augmentent de largeur et, au niveau *z* (*fig.* A et Z), la disposition des cellules épidermiques se modelant sur le contour des polygones mucifères, on en compte 12 à 20 files dans chaque maille. Le cloisonnement intercalaire dispersé est donc général; il entraîne l'accroissement en longueur et en largeur de la lame et il ne peut être question de méristème marginal. Ceci est encore plus frappant chez le *L. flexicaulis*, où les mailles du réseau mucifère s'élargissent davantage.

Le cloisonnement des embryons et des plantules de l'*Alaria esculenta* se produit comme chez les *L. saccharina* et *L. flexicaulis*. Sous ce rapport, ces trois espèces concordent entre elles et diffèrent du *S. bulbosa* par la différenciation plus tardive de la zone génératrice intercalaire.

---

([1]) K. Yendo, *The Development of* Costaria, Undaria *and* Laminaria (*Ann. of Bot.*, t. 25, 1911).

([2]) K. Killian, *Beiträge zur Kenntnis der Laminarien* (*Zeit. für Bot.*, t. 3, 1911).

([3]) L. Guignard, *Observations sur l'appareil mucifère des Laminariacées* (*Ann. Sc. nat. Bot.*, 7e sér., t. 15, 1892).

BOTANIQUE. — *Sur les effets de l'arrosage capillaire continu.* Note de M. **Lucien Daniel**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Je me suis proposé d'étudier, dans mon jardin d'Erquy, les effets produits sur certaines plantes potagères par l'arrosage capillaire continu comparé avec l'arrosage intermittent usité dans la culture maraîchère. A cet effet, je me suis servi d'un dispositif très simple, consistant en vases à large surface dans lesquels trempaient des fils de laine ou des tresses de coton jouant le rôle de siphon. La valeur de l'eau ainsi fournie à chaque plante était facile à calculer et il était aisé de la modifier en ajoutant ou supprimant des fils. Dans mes expériences, je l'ai sensiblement maintenue à une goutte d'eau par 20 secondes pour chaque Laitue par exemple, ce qui, d'après mes calculs, compensait exactement la transpiration de la plante et la perte d'eau par évaporation à la surface du sol. Un pareil système avait sur l'arrosoir de nombreux avantages. L'eau arrivait au pied même de la plante sans être répandue sur les feuilles; donc point de brûlures, bien que l'arrosage se fît en plein soleil. Il y avait économie d'eau, ce qui a son importance ici où elle est rare. Il n'y avait pas lavage du sol entraînant sans profit les matières nutritives solubles dans les profondeurs. Enfin la partie supérieure du sol n'étant pas battue, comme dans l'arrosage ordinaire, restait meuble, ce qui réduisait l'évaporation en diminuant la capillarité plus active de la terre battue.

Comparativement, j'avais établi trois séries d'expériences. Dans la première, Laitues, Chicorées et Choux étaient laissés presque complètement sans arrosage; dans la seconde, ils recevaient un abondant arrosage intermittent, tous les deux jours; dans la troisième, ils étaient soumis à un arrosage capillaire qu'on peut appeler *continu* dans lequel les particules d'eau arrivaient goutte à goutte au pied de chaque plante par des siphons de laine ou de coton en nombre variable suivant les besoins en eau des espèces ou des exemplaires.

Les plantes arrosées à un trop long intervalle ont fourni les plus mauvais résultats au point de vue utilitaire.

Leur rosette s'est en grande partie desséchée; les Laitues et les Chicorées ont monté à fleurs, et c'est un accident qui, pratiquement, est si fréquent dans les jardins sablonneux d'Erquy qu'il a fait renoncer à la culture de la Chicorée. Les exemplaires soumis à l'arrosage intermittent, avec des quantités d'eau bien supérieures à celles de

l'arrosage capillaire, ont poussé d'abord à peu près normalement; cependant elles se fanaient aux heures les plus chaudes de la journée pour reprendre leur turgescence la nuit. Mais, à la longue, au moment de pommer, les feuilles ont durci, en rougissant ou devenant d'un vert différent par places, surtout quand un soleil ardent était accompagné d'un vent d'Est très desséchant. Leur amertume était caractéristique et proportionnelle au degré de leur souffrance. Quant aux pieds qui recevaient régulièrement et constamment l'eau par les siphons, ils portaient des feuilles toujours turgescentes, d'un beau vert et manifestaient tous les caractères d'une santé parfaite. La pomme s'est formée parfaitement et est devenue plus volumineuse; au goût, les feuilles étaient moins amères, plus douces et plus tendres, par conséquent meilleures que dans le précédent lot. Enfin aucun pied n'est monté à fleurs, ce qui s'était produit pour un bon nombre d'exemplaires dans le second lot, quoique en quantité moindre que dans le premier.

En un mot, au point de vue utilitaire, l'arrosage capillaire s'est montré partout nettement supérieur à l'arrosage intermittent habituel.

J'ai essayé le même système pour faire germer des graines et arroser ensuite les jeunes semis.

Mes essais ont été faits sur deux races différentes de Laitue, sur des Choux cabus et sur des Radis. 300 graines de chaque espèce ont été choisies dans un lot de graines provenant d'un même pied et soigneusement triées à la loupe. Elles ont été semées de la même façon, dans un sol ayant sensiblement la même composition, en les partageant en trois lots égaux. Au moment du semis, tous les lots reçurent un copieux arrosage. Puis le premier lot fut abandonné à lui-même; le second lot reçut un arrosage intermittent à l'arrosoir, tous les deux jours; le troisième lot fut soumis à l'arrosage capillaire par siphons de laine ou de coton. La germination fut différente; elle fut meilleure et plus régulière avec l'arrosage capillaire; la plus mauvaise fut celle des lots non arrosés, bien qu'une pluie survenant à propos les ait favorisés à temps. Ainsi la Laitue Batavia donna 30 germinations dans le premier lot, 61 dans le second et 97 dans le troisième.

Les Choux donnèrent respectivement 57, 68 et 82 jeunes plants; les Radis 43, 57 et 80 germinations.

La supériorité de l'arrosage capillaire était bien marquée, ainsi qu'on pouvait s'y attendre.

Ayant continué l'expérience avec les jeunes plantes que j'avais ainsi obtenues, j'ai pu constater dans tous les lots arrosés capillairement une avance sensible sur les échantillons des autres lots. Cette avance était surtout marquée avec la Laitue Batavia et les Radis. Ceux-ci ont fourni de meilleure heure des tubercules, plus gros et moins poivrés.

L'étude anatomique des feuilles, des tiges et des racines des plantes sur lesquelles j'avais ainsi expérimenté m'a montré les différences ordinaires

qui existent entre les exemplaires souffrant de la sécheresse et ceux chez lesquels le régime de l'eau reste normal. Ainsi les bois étaient plus durs et plus développés, les parenchymes plus réduits chez les échantillons privés presque complètement d'arrosage; c'était le contraire chez les plantes ayant reçu l'arrosage capillaire et les plantes ayant été arrosées par intermittence offraient une structure intermédiaire.

Avec la teinture de gaïac, j'ai constaté des différences de coloration du latex chez les Chicoracées en expérience. La rapidité de la réaction et l'intensité de la coloration étaient proportionnelles à la bonne utilisation de l'eau, c'est-à-dire qu'elles étaient plus prononcées chez les Laitues et Chicorées soumises à l'arrosage capillaire continu. Les diastases ne fonctionnant pas de la même manière, on s'explique qu'il y ait des différences dans le développement, dans les rythmes de végétation et dans la nature des produits.

Ces expériences intéressent à la fois la théorie et la pratique horticole. Les applications se déduisent d'elles-mêmes. Il sera facile de monter des appareils simples et peu coûteux, basés sur la capillarité, et de fournir aux plantes cultivées l'eau qui leur est nécessaire en un terrain donné, après avoir préalablement calculé aussi exactement que possible, par les procédés classiques de mesure, la consommation en eau des exemplaires de chaque espèce et le coefficient particulier d'évaporation du sol où ils sont placés.

ZOOLOGIE. — *Sur la migration de ponte de la Truite des lacs* (Salmo fario lacustris *L.*). Note (¹) de M. **Louis Roule**, présentée par M. Edmond Perrier.

J'ai précédemment exposé à l'Académie (séances des 11 et 29 mai 1894, et du 6 décembre 1915) les résultats de mes recherches concernant la migration de ponte, ou montée, du Saumon (*Salmo salar* L.) dans nos fleuves et nos rivières. Ces résultats se résument ainsi : le Saumon, en quittant la mer pour entrer dans un bassin fluvial, passe d'un milieu plus pauvre en oxygène dissous dans un milieu plus riche; il pénètre seulement dans les eaux douces dont la teneur en oxygène est élevée, et n'accomplit point de montée dans celles où cette teneur, relativement faible, se rapproche de celle de la mer. Ces conclusions, qui dénotent une subordination

(¹) Séance du 30 octobre 1916.

du phénomène migrateur aux états différentiels du milieu ambiant, m'ont paru posséder une telle importance biologique quant au déterminisme de la migration, que j'ai tenu, avant de poursuivre mes recherches sur le *Saumon*, à les vérifier et à les étendre par l'étude de plusieurs autres espèces migratrices qui paraissaient dépendre d'une condition similaire. C'est ainsi que je me suis adressé aux *Mugil*, et que, tout dernièrement, j'ai porté mes investigations sur la *Truite des lacs*, dont les affinités zoologiques avec le *Saumon* sont étroites.

On sait que cette Truite pond rarement ses œufs dans les eaux lacustres où elle passe son existence. Le plus souvent, les individus reproducteurs vont frayer dans les affluents du lac. A cet effet, et le moment de l'élaboration sexuelle étant venu, ils s'introduisent dans ces affluents, les remontent plus ou moins haut, jusqu'à ce qu'ils rencontrent des lieux propices à l'établissement de frayères, y pondent, puis retournent au lac. Les œufs pondus et fécondés éclosent dans l'eau courante, où les alevins vivent pendant quelque temps avant de descendre au lac à leur tour.

Ce va-et-vient, ayant la ponte pour objet, ressemble donc en petit à celui du *Saumon*, avec ces deux différences toutefois, que les distances parcourues sont plus courtes, et que les milieux successivement habités consistent toujours en eaux douces.

Ceci étant, j'ai cherché si les particularités offertes par la migration du *Saumon*, au sujet de la teneur différentielle des milieux en oxygène dissous, se retrouvaient chez la *Truite des lacs*, et si la ressemblance s'étendait jusqu'à elles. Mes observations ont porté sur la Truite des lacs Léman et de Nantua; elles ont eu lieu à la fin du mois d'août dernier, époque peu éloignée du début de la migration.

La première série d'observations a été faite à Thonon, en m'aidant des ressources mises obligeamment à ma disposition par l'Etablissement national de Pisciculture de cette ville. Les chiffres qui suivent s'appliquent tous à une même journée de temps calme, de manière à éviter les variations dépendant des circonstances météorologiques. L'eau du lac Léman, à $1^{km}$ au nord de Thonon, accusait à la surface $6^{cm^3},4$ d'oxygène dissous par litre d'eau dans les deux échantillons prélevés l'un à $9^h$ ($T = 18°,2$), l'autre à $15^h$ ($T = 19°,3$), et $6^{cm^3},9$ à $10^m$ de profondeur ($T = 16°,6$; $15^h$); ces chiffres s'accordent avec ceux de Delebecque et de Forel. Le même jour, l'eau de la Dranse, affluent principal du Léman au voisinage de Thonon, accusait $7^{cm^3},2$ d'oxygène dissous ($T = 10°,3$), marquant ainsi une supériorité manifeste sur l'eau du lac, notamment en ce qui concerne les couches aqueuses superficielles.

Le cas du lac de Nantua est encore plus caractéristique. Ce lac possède deux affluents principaux, dont l'un, le Merloz, est toujours remonté par les Truites qui vont frayer, alors que l'autre, la Doye, n'offre aucune migration, bien que les conditions de volume

d'eau et de facilité d'accès ne créent à son égard aucun empêchement. Les eaux du lac, vers la partie centrale du bassin, m'ont donné $6^{cm^3},8$ à $6^{cm^3},9$ d'oxygène dissous dans les couches aqueuses superficielles ($T = 19°,1$ à $20°,3$ selon les heures de la journée), et $6^{cm^3},5$ à $10^m$ de profondeur ($T = 14°,4$); ces chiffres sont inférieurs à ceux de Delebecque. Quant aux deux affluents, l'eau du Merloz accusait $7^{cm^3},4$ d'oxygène dissous ($T = 11°,9$), et celle de la Doye $5^{cm^3},8$ ($T = 12°,2$), cette infériorité de la Doye étant due au fait que son parcours s'étend sous une partie de la ville de Nantua. Or, il est intéressant d'observer, grâce à ces constatations différentielles qui résultent de l'état naturel et habituel des choses, que les Truites migratrices pénètrent dans l'affluent dont la teneur d'oxygénation dépasse celle de l'eau du lac, alors qu'elles n'entrent point pour pondre dans celui où cette même teneur est inférieure. La démonstration est complète.

Il convient, à ce propos, de ne pas relever seulement le fait biologique, mais aussi d'en considérer les applications. L'Administration des Eaux et Forêts a installé une pêcherie, sur le Merloz, dans le but de capturer des reproducteurs au moment de leur montée, et de pratiquer la fécondation artificielle, pour obtenir ainsi des œufs et des alevins destinés au repeuplement. Cette judicieuse initiative mérite d'être suivie ailleurs, car, chez la Truite d'Europe (*Salmo fario* L. et ses diverses variétés), les alevins issus de reproducteurs sauvages sont supérieurs par la rusticité à ceux qui proviennent de reproducteurs parqués et conservés en stabulation. Il faudra, en ce cas, choisir avec soin l'affluent qu'on voudra disposer pour utiliser ainsi la montée, et préférer celui dont la teneur en oxygène dissous sera la plus élevée, car c'est en lui qu'on trouvera les reproducteurs les plus nombreux et les plus vivaces.

ZOOLOGIE. — *Sur le plan d'équilibre ou de moindre effort des Poissons Téléostéens à vessie natatoire.* Note de M. L. Boutan, présentée par M. Yves Delage.

Ainsi que l'ont montré les travaux déjà anciens de Moreau (1878), confirmés par ceux de Charbonnel-Salle (1887) et ceux d'Émile Guyénot (1909), pendant les déplacements verticaux des Poissons, les muscles (de la paroi du corps aussi bien que ceux de la poche vésicale) n'ont qu'une action négligeable sur le volume de la vessie natatoire. Le volume de la vessie natatoire est directement influencé par les variations de la pression extérieure et la vessie se comporte, *au moment considéré*, comme un sac à parois extensibles qui serait placé en dehors du corps du Poisson.

Cependant, cela n'est vrai que pendant une *période très courte*.

Sous l'action d'une variation continue de la pression extérieure, l'organisme du Poisson réagit, au bout d'un temps plus ou moins long, sur le poids du gaz contenu dans la vessie natatoire, en en sécrétant ou en en absorbant une certaine quantité, de manière à ramener la vessie à un volume *normal*.

Il y a là une double action en sens contraire que je résumerai ainsi :

*Le changement de pression extérieure tend à faire varier brusquement le volume de la vessie dans un sens, tandis que la réaction de l'organisme tend à faire varier, en sens contraire, le volume de la vessie par un changement du poids du gaz qui y est contenu.*

Je désire appeler l'attention sur cet antagonisme parce qu'il me paraît devoir modifier, en partie, les idées actuellement admises sur le rôle de la vessie natatoire.

Ce rôle serait d'après les auteurs que j'ai cité [1] :

« 1° *De donner au Poisson la densité de l'eau à un certain niveau, où se trouve son plan d'équilibre.* »

Or, si à un moment donné, on place un Poisson vivant à un niveau où son corps acquiert, par suite de la dilatation de sa vessie, la densité moyenne de l'eau, on aura, en effet, atteint ce qu'on appelle « le plan d'équilibre ou de moindre effort », mais ce plan ne représentera pas nécessairement le plan d'équilibre de la vessie par rapport aux autres organes du Poisson. Il s'effectuera à l'instant même, dans la vessie, un travail actif de sécrétion ou d'excrétion gazeuse qui fera varier le volume de la poche.

En un mot, sur le Poisson vivant, à la variation passive du volume de la vessie, sous l'influence de la pression extérieure, succédera immédiatement une variation active du volume, sous l'influence du fonctionnement organique qui tend à ramener la poche à son volume normal.

Il y a donc lieu de distinguer du plan d'équilibre théorique (où le corps du Poisson atteint la densité de l'eau), le plan d'équilibre morphologique et physiologique où la vessie natatoire prend son volume normal.

Rien n'oblige à admettre *a priori* que ces deux plans coïncident et, à la suite des recherches que j'ai poursuivies cette année au Laboratoire de

---

[1] ÉMILE GUYÉNOT, *Fonctions de la vessie natatoire* (*Bulletin scientifique de la France et de la Belgique*, t. 43, 1909, p. 237).

Roscoff et que je continue à la Faculté des Sciences de Bordeaux, je constate que cette coïncidence n'existe presque jamais (¹).

Un grand nombre des Poissons (Physostomes ou Physoclistes) vivent, en effet, en flottabilité négative et restent, vraisemblablement, pendant toute leur vie au-dessous du plan théorique du moindre effort.

Quelques faits suffiront à le mettre en évidence :

Si l'on éclaire brusquement pendant la nuit un aquarium contenant des Girelles, on les surprend, ainsi, couchées sur le fond dans des positions variées immobiles et endormies. Par conséquent, *en flottabilité négative pendant le sommeil.*

Si l'on détermine sur des Labres acclimatés depuis quelques jours dans un aquarium de $50^{cm}$ de profondeur le plan d'équilibre ou de moindre effort, on trouve que ce plan est rapporté à quelques centimètres de la surface ($10^{cm}$ au maximum).

Pour que le Labre prenne dans ce cas la densité de l'eau, il faut qu'il remonte *dans le voisinage immédiat de la surface*, ce qui n'est pas sa station habituelle.

Enfin, si l'on recherche dans les mêmes conditions le plan d'équilibre pour des Goujons, on obtient un résultat négatif. Le Poisson est en flottabilité négative dès la surface de l'eau et il faudrait s'élever au-dessus de l'eau pour chercher, sans le trouver, le fameux plan.

Il est bien évident que le rôle de la vessie natatoire ne peut être, dans ce cas, *de donner au Poisson la densité de l'eau à un certain niveau.*

BACTÉRIOLOGIE. — *Existence de plusieurs variétés et races de Coccobacilles dans les septicémies naturelles du Hanneton.* Note (²) de M. **A. Paillot**, présentée par M. P. Marchal.

Les maladies microbiennes des insectes et, plus spécialement, les maladies bactériennes, n'ont pas encore fait l'objet d'une étude systématique approfondie; les quelques auteurs qui se sont occupés de la question, n'ont publié que des travaux fragmentaires dont le nombre, à l'heure actuelle, n'est pas très considérable.

On admettait, jusqu'à ce jour, qu'un nombre limité d'espèces bactériennes pouvaient être considérées comme la cause des épidémies naturelles chez les insectes; on croyait, et la nomenclature en est une preuve convaincante, que chaque espèce d'insecte avait son parasite ou, exceptionnellement, ses parasites bien définis. C'est ainsi qu'on a décrit

---

(¹) Sauf dans le cas des Cyprins qui mérite une étude spéciale.

(²) Séance du 30 octobre 1916.

*Bacillus acridiorum* (d'Herelle), *B. lymantriæ* et *B. cajæ* (Picard et Blanc), *B. bombycis* et *B. melolonthæ* (Chatton), *B. gortynæ* et *B. pyrameis* (Paillot) dont les noms spécifiques sont tirés du nom générique de l'insecte-hôte. Dans le but de vérifier la valeur et la portée de cette idée, j'ai commencé, cette année, l'étude aussi détaillée que possible des maladies bactériennes de quelques insectes nuisibles de la région lyonnaise, en particulier du Hanneton commun et des chenilles de *Lymantria dispar*.

Parmi les parasites microbiens du Hanneton, on ne connaît qu'un bacille, *B. melolonthæ*, décrit par Chatton en 1913. Cet auteur ne le distingue de *B. acridiorum* que par la fluorescence des cultures sur gélose. Dès avril 1916, j'isolais de Hannetons malades provenant du plateau de Sathonay, un coccobacille que j'identifiai tout d'abord avec l'espèce de Chatton. Le pourcentage des individus parasités était à ce moment remarquablement faible : il atteignait à peine le chiffre de 3 pour 1000; par la suite, le taux de mortalité monta jusqu'à devenir environ 10 fois plus élevé à la fin de l'invasion, c'est-à-dire dans la première quinzaine de juin. Quinze souches différentes, provenant de Hannetons récoltés en différents points de la banlieue lyonnaise et même dans le Jura, ont été isolées et étudiées comparativement.

Morphologiquement, tous ces coccobacilles sont identiques; ils sont très mobiles et jouissent tous des mêmes propriétés pathogènes vis-à-vis du Hanneton; ils appartiennent vraisemblablement au vaste groupe des Salmonelloses.

En bouillon, ils donnent un trouble léger dès la 5<sup>e</sup> heure à 37°; il ne se produit pas de voile, mais un léger anneau à la surface de contact avec le verre. Dans les cultures vieilles de plusieurs jours, il se fait un dépôt, mais sans clarification du milieu.

En gélose ordinaire, les cultures sont très riches; les colonies d'isolement sont rondes, parfois très larges, plus ou moins opaques et d'un blanc plus ou moins porcelainé. On observe déjà quelques différences entre les diverses souches, mais trop peu sensibles pour les caractériser.

Sur les autres milieux ordinaires, les différences s'accentuent et deviennent parfois profondes; elles permettent de classer les quinze coccobacilles isolés de Hannetons en quatre types bien définis qui seront désignés provisoirement par les lettres A, B, C et D.

Le premier, de beaucoup le plus répandu, a été trouvé en plusieurs points de la banlieue lyonnaise et dans le Jura. Le deuxième et le troisième dans les environs de Lyon seulement, le dernier dans le Jura.

En gélose au rouge neutre, aucun ne produit de gaz ni ne fait virer le milieu dans

les 24 heures; au bout de 5 à 7 jours, A seulement fait virer au canari la couche superficielle du culot; après 15 jours à la température du laboratoire, la presque totalité de la masse est virée.

Sur sérum de cheval coagulé, tous donnent d'assez belles cultures; A seulement le digère en 4 à 5 jours; 24 heures après l'ensemencement, le milieu devient plus transparent, la digestion commence le deuxième jour.

La gélatine est liquéfiée lentement par A : le premier jour, on observe des bulles de gaz tout le long de la piqûre et quelques éclatements de la gélatine; la liquéfaction commence en tête de clou, celle-ci n'atteignant même pas les parois du tube après 48 heures, elle se poursuit lentement et n'est complète qu'après 6 à 7 jours. B, C et D ne donnent que de petites colonies tout le long de la piqûre.

Le lait n'est coagulé, en 2 à 3 jours, que par A qui digère un peu la caséine.

Sur pomme de terre, tous donnent des cultures très abondantes d'abord jaunâtres, puis d'aspect plus ou moins brunâtre, en même temps, on observe que le substratum brunit plus ou moins.

Les réactions sur milieux sucrés (eau peptonée, sucrée, tournesolée) sont intéressantes parce qu'elles permettent de différencier B, C et D; elles sont indiquées dans le tableau suivant :

| | Glucose. | Lévulose. | Lactose. | Saccharose. | Maltose. | Mannite. | Galactose. | Dulcite. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A ..... | + | + | — | + | + | + | + | — |
| B ..... | + | + | — | — | + | + | + | + |
| C ..... | + | + | — | — | — | — | + | — |
| D ..... | + | + | + | + | + | + | + | — |

Sur milieux à la gélose ascite tournesolée, glucosée ou lévulosée, les cultures sont abondantes; les quatre types font virer au rouge ces milieux en moins de 24 heures; après quelques jours ceux qui sont ensemencés avec A et B redeviennent nettement bleus, les autres restent rouges.

D'après le tableau ci-dessus, on voit que le type D se distingue de tous les autres par sa réaction positive en milieu lactosé. Sur Drygalsky, il donne des colonies rouges comme sur l'Endo et se rapproche ainsi de *B. coli commune*.

Doit-on considérer ces différents types comme des espèces différentes ou comme des variétés d'une même espèce? En l'état actuel de nos connaissances, il est difficile de répondre à pareille question; la dernière interprétation paraît cependant la plus logique. On peut donc considérer A, B, C et D comme des variétés ou des races de l'espèce *Bacillus melolonthæ;* on peut même distinguer deux grandes variétés, l'une qu'on peut appeler *B. melolonthæ liquefaciens* et qui est représentée par le type A; l'autre, *B. melolonthæ non liquefaciens*, qui comprend les trois races B, C et D ou mieux $\alpha$, $\beta$, $\gamma$.

Un cinquième type aurait pu être caractérisé, mais ses propriétés biologiques ne diffèrent pas suffisamment de celles de A pour justifier la création

d'une nouvelle race; les seules différences qu'il est possible de noter sont les suivantes : virage moins prononcé du milieu galactosé, virage moins rapide de la gélose au rouge neutre, liquéfaction plus lente de la gélatine et du sérum de cheval coagulé. Ces différences, si faibles soient-elles, ne tiennent certainement pas aux variations de composition du milieu; elles subsistent même après de nombreux passages du coccobacille sur insectes autres que le Hanneton. Il est possible qu'en étudiant comparativement un très grand nombre de souches provenant de Hannetons de diverses régions, on démontre l'existence d'une échelle continue de races peu différentes les unes des autres. Cette étude sera poursuivie au cours de la prochaine campagne.

MÉDECINE. — *La leucocytose consécutive à la vaccination antityphoïdique et antiparatyphoïdique.* Note (¹) de MM. **Jules Courmont** et **A. Devic.**

Comment réagissent les leucocytes du sang humain après les injections de vaccins antityphoïdique ou antiparatyphoïdique?

Tonnel (²) a observé avec soin les réactions humorales de 50 militaires, ayant reçu un des vaccins à l'éther. La température rectale dépasse 38° dans plus de la moitié des cas. Le nombre des globules rouges diminue. Il y a hyperleucocytose polynucléaire suivie parfois de mononucléose. La toxicité urinaire est diminuée.

Nous avons étudié, à ce point de vue, dans notre service de l'Hôtel-Dieu de Lyon, un certain nombre de militaires, blessés guéris, soumis au repos complet au lit et à une alimentation très légère. Voici nos résultats :

I. *Vaccinés avec le vaccin* AB, *à l'éther.* — Ces hommes ont reçu deux injections ($1^{cm^3}$ et $2^{cm^3}$). La température rectale a dépassé 38°, chez 75 pour 100 à la première injection, chez 58 pour 100 à la seconde.

L'hyperleucocytose (10000 à 15000) apparaît très rapidement dans le sang, présente son maximum de 4 à 7 heures après l'injection et disparaît vers la 48ᵉ heure. Il n'y a pas de différence notable entre la première et la deuxième injection. L'augmentation des leucocytes intéresse uniquement les polynucléaires neutrophiles.

---

(¹) Séance du 30 octobre 1916.

(²) Tonnel, médecin-major, médecin-chef de l'hôpital de Valréas, Société médico-chirurgicale de la 14ᵉ région, janvier 1916 (*Lyon médical*, avril 1916).

En outre, apparaissent, vers la quatrième heure environ, des myélocytes neutrophiles en petite quantité (3 à 5 pour 100); ces myélocytes persistent dans le sang pendant quelques jours, alors que la polynucléose a déjà disparu. Dans quelques cas, une légère mononucléose suit la phase de polynucléose.

II. *Vaccinés avec le vaccin* TAB *chauffé* (de l'Institut Pasteur). — Ces hommes ont reçu quatre injections ($1^{cm^3}$, $1^{cm^3},5$, $2^{cm^3}$ et $3^{cm^3}$). La température rectale monte au-dessus de 38° chez 25 pour 100 après la première injection, 8 pour 100 après la deuxième et la troisième, 3 pour 100 après la quatrième. L'hyperleucocytose (12 à 15000) apparaît rapidement ayant, en général, son maximum vers la quatrième heure; elle disparaît au bout de 48 heures. Pas de différence notable entre la leucocytose qui suit les quatre injections. L'augmentation porte sur les polynucléaires neutrophiles. Les myélocytes neutrophiles apparaissent très rapidement (3 heures), et persistent dans le sang pendant plusieurs jours; ils paraissent plus nombreux que chez les vaccinés par le vaccin AB à l'éther (5,6 et parfois 10 pour 100 le troisième jour). La mononucléose consécutive à la polynucléose s'observe rarement.

III. *Conclusions*. — Les injections de vaccin antityphoïdique ou antiparatyphoïdique entraînent rapidement une hyperleucocytose, caractérisée par de la polynucléose, avec myélocytose neutrophile. Les éosinophiles ne sont pas modifiés.

MÉDECINE. — *Les causes de l'intolérance aux arsénobenzènes et les moyens de les éviter ou de les prévenir*. Note de M. **J. Danysz**, présentée par M. A. Laveran.

Dans une précédente Note [1] nous nous sommes efforcés de montrer que les troubles observés à la suite des injections d'arsénobenzène sont dus à la formation des précipités que ces produits forment dans le plasma des sujets traités.

Dans cette première étude nous n'avons envisagé que les troubles qui se manifestent *rapidement*, c'est-à-dire quelques minutes ou quelques heures après l'injection, et qui disparaissent aussi rapidement sans laisser de traces appréciables. Nous les avons appelés *troubles du premier degré*, et nous avons admis que l'intolérance plus ou moins grande à la première injection avait pour cause la présence dans le plasma d'une quantité plus

[1] J. Danysz, *Comptes rendus*, t. 163, 1916, p. 246.

ou moins considérable de sels, et principalement de phosphates de chaux qui forment avec les arsénobenzènes des composés insolubles, par conséquent des précipités, cause des embolies.

La disparition des manifestations pathologiques nous indiquait, à son tour, que ces précipités se redissolvent assez rapidement grâce à l'existence ou à la formation dans le sang de certaines bases, dérivées des acides aminés qui ont la propriété de dissoudre les composés d'arsénobenzènes insolubles dans l'eau ou les liquides neutres.

Il se passe là, très probablement, un phénomène analogue à ce qu'on observe quand on verse une solution de bromure d'argent dans du cyanure de potassium, dans une solution d'arsénobenzol contenant un excès suffisant de ce dernier composé. Il se forme d'abord, ainsi que nous l'avons indiqué dans une Note précédente ([1]), un volumineux précipité floconneux qui se redissout peu à peu dans l'excès d'arsénobenzol, surtout quand on a soin d'agiter le liquide.

Nous avons constaté ensuite que, quand on fait subir aux malades une série d'injections à 3 ou 4 jours d'intervalle, l'intolérance plus ou moins grande qu'ils ont pu manifester à la première injection s'atténue graduellement, même si les doses sont progressivement croissantes.

Nous pouvons donc conclure que, dans les cas où des causes secondaires (une préparation défectueuse du produit ou de la solution injectée, ou bien une tare physiologique du malade) ne viennent pas troubler la marche régulière et normale des réactions, *les choses se passent comme si la quantité des produits précipitants, contenus dans le plasma, diminuait à chaque injection*. Dans ces cas les causes de l'intolérance sont humorales, elles préexistent et *chaque injection est vaccinante ou prophylactique pour l'injection suivante*.

Nous l'avons vu, cette intolérance préexistante ne comporte jamais de suites graves pour le malade.

Il en est tout autrement de ces accidents tardifs dont les premiers symptômes, généralement légers, apparaissent peu de temps après l'injection, mais qui s'aggravent progressivement, peuvent durer plusieurs jours et se terminer quelquefois par des convulsions et le coma. Ce qu'il faudrait donc trouver pour guérir la syphilis avec plus de certitude et moins de risques, comme on guérit certaines trypanosomiases des animaux d'expériences, ce sont les causes de ces accidents tardifs toujours très dangereux, et les moyens de les éviter ou de les prévoir.

---

([1]) J. Danysz, *Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 199.

En compulsant un certain nombre d'observations et des procès-verbaux d'autopsies publiés jusqu'à présent, et après avoir éliminé les cas douteux dans lesquels la mort du malade a pu être causée par un défaut de fonctionnement du foie ou du rein, on peut résumer l'évolution de ces accidents tardifs de la façon suivante :

1° L'intolérance ne diminue pas dans le cours du traitement; au contraire, la durée et la gravité des troubles augmentent à la deuxième injection ou aux injections qui suivent.

2° Les troubles, qui débutent par des nausées ou des vomissements, continuent à se manifester par des céphalées, courbatures, urticaires ou éruptions scarlatiniformes, et par des températures voisines de 40°, qui peuvent persister pendant 2 à 5 jours et se terminer quelquefois par des convulsions et le coma.

3° A l'autopsie on trouve une congestion de tous les viscères, des hémorragies dans le poumon, le foie, le rein, le tube digestif, le système nerveux central.

Les manifestations pathologiques et leurs causes sont donc les mêmes dans les crises du premier degré et dans les accidents tardifs; *ce qui diffère, c'est la durée de la crise* qui n'est que de quelques minutes ou quelques heures dans le premier cas, de quelques jours dans le second; ce qui doit par conséquent être différent aussi, c'est la gravité et la généralisation des lésions.

Dans les deux cas la nature des réactifs et des réactions doit être la même, les différences sont purement quantitatives et l'on peut affirmer que, *pour les accidents tardifs, les choses se passent comme si la quantité des produits précipitants contenus dans le plasma augmentait à chaque injection.*

Si donc, dans le premier cas, les injections successives conduisent à une immunité de plus en plus grande, elles sont au contraire anaphylactisantes dans le deuxième cas. Les crises snrvenues à la deuxième injection de 606, que MM. Ravaut [1], Émery [2], etc. assimilaient aux crises anaphylactiques, étaient donc dues réellement à un phénomène d'anaphylaxie.

La recherche des causes de ces réactions exceptionnelles est très difficile, précisément parce qu'elles sont très rares et échappent presque complètement à l'expérimentation directe.

---

(1) RAVAUT, *Gazette des Hôpitaux*, 14 février 1914.

(2) E. ÉMERY et F. BOURDIER, *Résultats actuels de la salvanothérapie* (O. Doin et fils, 1912).

Toutefois, les expériences qui suivent tendent à prouver que le mécanisme de ces réactions est réellement celui que nous venons d'indiquer.

*Première expérience.* — On injecte à une série de lapins, tout d'abord, une dose bien tolérée de luargol ou de 606 disodique, et quelques minutes ou quelques heures après $0^{cg},40$ à $0^{cg},60$ de biphosphate ou de glycérophosphate de calcium, doses bien tolérées par les témoins.

Tous les animaux ainsi traités manifestent des tronbles plus ou moins prononcés 2 à 6 heures après l'injection des phosphates. Quelques-uns succombent dans des convnlsions caractéristiques, d'autres survivent.

*L'injection des phosphates a donc produit une action anaphylactisante.*

*Deuxième expérience.* — On injecte à un lapin $0^{cg},20$ de 606 monosodique. Il succombe en quelques secondes après quelques soubresauts convulsifs.

Un deuxième lapin reçoit une première injection de $0^{cg},03$ de la même solution, qu'il supporte sans aucun trouble; il supporte aussi sans trouble appréciable, quelques heures après, une deuxième injection de $0^{cg},25$ de la même solution monosodique.

*Dans ce cas, la première injection était donc vaccinante.*

Quelles que soient les considérations théoriques que ces observations et expériences peuvent suggérer, cette Note n'a, pour le moment, d'autre but que de dégager les deux faits suivants ;

1° *Il est possible de diminuer l'intolérance préexistante des malades aux arsénobenzènes par des injections préventives de petites doses des mêmes produits;*

2° *Il est possible de diagnostiquer les cas d'intolérance tardive en injectant au malade deux petites doses de médicament à 3 ou 4 jours d'intervalle.* Dans ce cas, si la deuxième injection est mieux tolérée que la première, on peut sans crainte continuer le traitement; si, au contraire, la deuxième injection était moins bien tolérée que la première, il serait prudent d'interrompre le traitement ou d'essayer de vacciner le malade par de toutes petites doses de $0^{cg},01$ à $0^{cg},02$.

MÉDECINE. — *Pathogénie du choléra. Reproduction expérimentale de la maladie.* Note de M. G. Sanarelli, présentée par M. A. Laveran.

En suivant pas à pas l'évolution du choléra expérimental chez les lapins nouveau-nés, d'après la méthode de *Metchnikoff, j'ai remarqué que les vibrions introduits par la bouche n'arrivent jamais à l'intestin en traversant l'estomac.* Le contenu gastrique, même chez les lapins à la mamelle, a une réaction acide tellement élevée que les vibrions sont tués dès qu'ils arrivent à son contact.

D'autre part j'ai observé, sur les lapins à la mamelle, que la première apparition, dans le canal digestif, des vibrions avalés, *se fait principalement au niveau de la valvule iléo-cœcale :* dans l'iléon, dans le cœcum et dans l'appendice vermiculaire. Toutefois, dans certains cas, les vibrions remontent *le long de l'intestin grêle et ils n'arrivent que très rarement jusqu'au duodénum : celui-ci est généralement stérile ainsi que le contenu gastrique.*

Chez les lapins à la mamelle j'ai reproduit toujours le choléra intestinal typique, en injectant les vibrions sous la peau ou bien directement dans les veines.

Tous les essais que j'ai faits pour obtenir le choléra intestinal chez les lapins à la mamelle nés de mères vaccinées, n'ont donné aucun résultat, et cela soit en ayant recours aux injections sous-cutanées ou intraveineuses, soit à l'ingestion des vibrions donnés à des doses massives. Contrairement à ce qu'on a quelquefois affirmé, cette expérience démontre que l'immunisation active produite par la voie sanguine protège contre le choléra intestinal.

J'ai observé que la sensibilité et la résistance des lapins au choléra intestinal sont en corrélation directe avec le pouvoir vibrionicide de leur plasma. Le sérum des lapins nouveau-nés n'a qu'un pouvoir bactéricide très faible; toutefois cette action augmente avec l'âge du lapin, et elle devient très élevée chez les lapins adultes. C'est pour cette raison qu'il est absolument impossible de reproduire dans des conditions naturelles, chez le lapin adulte, le choléra intestinal. Tout en étant absorbés par la muqueuse et par les organes lymphatiques des premières voies digestives, les vibrions sont détruits presque tous, ou bien ils sont expulsés à travers l'intestin sans qu'ils puissent y exercer leur action pathogène.

Mais *l'immunité naturelle des lapins adultes peut être vaincue,* de façon à obtenir aussi chez ces animaux le choléra intestinal. Voici les expériences qui m'ont permis d'établir ce fait important :

1° Si l'on inocule des colibacilles vivants dans l'épaisseur de la paroi de l'appendice d'un lapin adulte, quelques heures après lui avoir donné un repas de vibrions développés sur gélose et délayés dans du lait, le lapin meurt dans les 12 heures en proie à la diarrhée et présentant des manifestations morbides qui reproduisent exactement celles du choléra. A l'autopsie on trouve les lésions du choléra, le sang et les organes sont stériles, l'intestin contient des vibrions cholériques comme dans un choléra typique.

2° En inoculant le colibacille dans l'épaisseur des parois d'un autre appareil lymphatique, le *sacculus rotundus,* j'ai constaté que les lésions anatomiques sont encore plus accentuées.

3° On peut aussi se passer du petit traumatisme produit par la laparotomie en

substituant aux injections de colibacilles vivants dans les parois appendiculaires ou sacculaires, une injection intraveineuse de produits toxiques colibacillaires. Quelques heures avant de faire avaler les vibrions, on injecte dans la veine auriculaire $1^{cm^3}$-$2^{cm^3}$ d'une culture de colibacilles développée en bouillon pendant 48 heures et filtrée ensuite. L'action spécifique de la toxine colibacillaire s'exerce d'une manière élective sur les parois intestinales et l'on observe chez le lapin adulte le tableau symptomatique, anatomique et bactériologique le *plus complet du choléra humain.*

La reproduction du choléra expérimental ne s'obtient pas chez les lapins adultes immunisés contre le colibacille. Les lapins accoutumés à l'action du poison colibacillaire sont, de même, réfractaires au choléra expérimental déchaîné par l'injection intraveineuse de la culture colibacillaire filtrée. Chez les lapins immunisés contre les vibrions on ne réussit pas, non plus, à provoquer l'attaque cholérique, ni par la lésion appendiculaire ou sacculaire, ni par l'injection intraveineuse de la toxine colibacillaire.

Je pense que ces résultats, bien qu'exposés brièvement dans cette Note, nous permettent d'affirmer que c'est par la voie sanguine ou lymphatique que les vibrions arrivent jusqu'à l'intestin [1]. Les faits observés éclairent le mécanisme pathogénique du choléra, et peut-être aussi celui d'autres maladies infectieuses intestinales. Ils pourront également, je l'espère, donner de nouvelles directions plus rationnelles aux indications d'ordre thérapeutique et prophylactique.

La séance est levée à 15 heures trois quarts.

G. D.

---

(1) Il s'agit d'un phénomène d'ordre général, qui doit exister chaque fois que les microbes, après avoir pénétré dans la circulation, atteignent les parois intestinales et s'y fixent électivement. C'est ce qui arrive dans le choléra et peut-être aussi dans la fièvre typhoïde, dans la dysenterie, dans l'appendicite, dans certaines diarrhées, et dans d'autres maladies microbiennes que l'on considère à présent comme à siège intestinal, parce qu'on peut arriver à mettre en évidence leurs agents spécifiques dans les déjections.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 13 NOVEMBRE 1916.

PRÉSIDENCE DE M. CAMILLE JORDAN.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président**, en annonçant la mort de M. *Backlund*, s'exprime en ces termes :

M. **Oscar Backlund**, Directeur de l'Observatoire de Poulkovo, né en Suède en 1846, était depuis 1895 Correspondant de notre Académie dans la Section d'Astronomie.

La théorie des perturbations planétaires l'avait particulièrement occupé. Son œuvre principale est l'étude approfondie de la comète célèbre observée pour la première fois par Méchain en 1786, retrouvée par Pons en 1819 et dont Encke établit le caractère périodique. Les anomalies de son mouvement semblaient déceler la présence d'un milieu résistant dans les régions voisines du Soleil.

Il résulte des recherches de M. Backlund que ce milieu résistant, au lieu d'être continu, comme on l'avait supposé, serait localisé dans certaines régions. Son analyse fournit également une nouvelle détermination de la masse de Mercure.

ASTRONOMIE. — *Sur une ancienne observation d'éclipse de Soleil faite à Paris en* 1630. Note (1) de M. **G. Bigourdan**.

En indiquant les anciennes observations astronomiques faites à Paris dans la première moitié du XVIIe siècle (2), nous n'avons pas mentionné celle

(1) Séance du 6 novembre 1916.

(2) Voir page 55 de ce Volume.

faite par Gassendi de l'éclipse de Soleil du 10 juin 1630, sur laquelle nous avions peu de renseignements.

Or il existe à notre Bibliothèque nationale (manuscrits) ([1]) une observation anonyme de cette éclipse faite manifestement à Paris et qui doit être celle même de Gassendi ([2]).

La relation de cette observation, d'une écriture de copiste, est donnée sous forme de lettre; elle est intéressante en ce qu'elle indique, jusque dans le détail, les préparatifs matériels et la manière d'observer de l'époque. C'est d'ailleurs le même procédé que Gassendi employa l'année suivante, pour l'observation du célèbre passage de Mercure du 6 novembre 1631.

M.

Puis que vous dezirez sçavoir les particularitez de mon observation touchant l'Eclipse du Soleil arrivée le $x$ de ce mois, les voicy.

J'avoy preparé un Quart de cercle de cuivre d'un pied de demy-diametre, l'arc exactement divisé en degrez et sixiesmes de degrez avec ses plomb et pinnules, et avois instruit un de mes amis a le remuer sur son pied, pour prendre la hauteur du Soleil sur l'horizon lors qu'il seroit necessaire, afin de sçavoir precisement les moments du temps.

J'avoy aussi preparé une asses bonne lunette de longue veüe et l'avoy appliquée sur un pied capable de luy donner tous les mouvemens necessaires, et l'arrester aux points qu'il seroit besoin.

J'avoy encore collé du papier bien blanc sur un ais poly, et y avois tracé un Cercle, dont le diametre estoit de deux pieds de Roy moins deux poulces. J'avoy divise ce diametre en 12 parties esgales, ou doigts, et chasque doigt en 60 minutes. J'avoy aussi divisé l'une, et l'autre des moitiés du cercle en 180. parties esgales, ou degrez, avec sousdivision en degrez, et quartz de degrez, commençant dez l'intersection faite par le diametre du costé du premier doigt.

Je m'estoy enfermé avec un petit nombre de mes amis dans un lieu dont nous avions exclus autant qu'il nous avoit este possible toute sorte de lumiere, excepte celle qui passoit a travers ladite lunette. Mais ce qui me feit de la peine fust qu'ayant bouché la principale fenestre avec des simples couvertures, sans avoir preveu le vent qui se devoit eslever, Nous ne peusmes apres si bien arrester lesdites couvertures pendant l'observation, que le vent ne les boursoufflast, et par ce moyen feit bransler la Lunette, qui passoit a travers, pour prendre en dehors les rayons du Soleil.

La Lunette adaptée, et y ayant tousjours quelqu'un aupres pour la remuer, et tenir tousjours directement opposée au Soleil, je recevoy au loin dans ledit Cercle porté sur un chevalet les rayons qui passoint a travers, en approchant, reculant et biaisant l'ais jusques a ce que le cercle fust entierement et precisement ramply. Au mesme

([1]) *Bibliothèque nationale*, Manuscrits de la collection des *Cinq cents de Colbert*, n° 484, f° 403.

([2]) Comparez GASSENDI, *Opera*, t. I, p. 687, 694; t. VI, p. 39.

temps et en autre lieu mais toutesfois en oüye estoit disposé celluy qui suivoit avec le susdit Quart de cercle la hauteur du Soleil. Nous continuasmes en ces termes avant le commencement de l'Eclipse (et afin de ne le point manquer) environ une petite heure.

En fin a mesure que la Lune commença a cacher le Soleil, nostre Cercle representant le Soleil fust entamé par l'ombre de la Lune. Je criay aussi tost a nostre homme qu'il marquast le point de la hauteur que le Soleil avoit alors. Il me respondist qu'elle estoit de 14 degrez et demy. J'y accouru d'abbord, remuay l'instrument, remis les pinnules en leur point et trouvay qu'il avoit bien observé.

Ayant despuis calculé l'heure par ceste hauteur j'ai trouvé que l'eclipse avoit *commencé a* 6 *heures*, 16 *minutes*.

Apres ce commencement la Lune gaigna tellement sous le Soleil, et nostre cercle fust tellement occupé par l'ombre de la Lune, qu'au plus fort de l'Éclipse il n'en demeura qu'un Croissant de ceste façon

(*Ici se trouve une figure du Soleil éclipsé, au moment de la phase maxima. Le Soleil est représenté par un cercle de* 200$^{mm}$ *de diamètre dont la circonférence est divisée de* 5° *en* 5° *à partir du bas et chiffrée de* 10° *en* 10° *de part et d'autre du zéro, placé au plus bas. Le diamètre vertical correspondant à ce zéro est divisé en* 24 *parties égales, valant donc chacune un demi-doigt, et chiffrées de doigt en doigt. Le corps de la Lune a son centre sur le même diamètre et monte très légèrement au-dessus de la dernière division de ce diamètre; le croissant solaire a donc un peu moins de demi-doigt au plus large, et ses cornes se terminent au degré* 95 *à droite, au degré* 94 *à gauche.*)

en telle sorte que la grandeur de l'Éclipse fust d'ij. (*sic*) doigts et trente deux minutes.

M'appercevant que l'Éclipse ne croissoit plus je criay a nostre homme qu'il prist garde a la hauteur du Soleil. Il me respondit qu'il estoit haut de 6 degrez 20 min. Calculant despuis l'heure par ceste hauteur, et ayant mesme egard a la refraction j'ay trouvé que le *milieu* de l'Éclipse n'avoit pas este esloigné de 7 *heures* 12 *minutes*.

Au mesme temps les deux cornes du croissant abboutissoient de part et d'autre dudit cercle environ les 95 degrez. Ce qui vouldroit dire que les diametres apparens du Soleil et de la Lune auroint este a peu prez esgaulx. Toutesfois le susdit branslement de Lunette ne permet point d'en rien asseurer.

La fin de l'Éclipse ne fust point veüe de nous. Quand le Soleil se coucha il estoit encore éclipsé de pres de deux doigts. C'estoit à 7. heures 57. min. par l'arc semi-diurne de ce jour la a Paris, ou 8. heures une minute eu esgard a la refraction, qui faisoit paroistre le corps entier du Soleil sur l'horizon sur le point mesme qu'il estoit entierement couché.

Si nous avions assez bien pris le milieu de l'Éclipse la fin deust arriver *à* 8 *heures*, 8 *minutes*.

Et ainsi la durée totale de l'Éclipse fust de *une heure*, 52. *minutes*.

Le Soleil estoit alors au 19 degré 37 minutes des Gemeaux.

Et avoit 23 degrez 7 minutes de declinaison.

La hauteur de pole de Paris 48 degrez 52 min.

Veuillez....

On remarquera la valeur remarquablement exacte de la latitude : Gassendi observait probablement chez Luillier, dont il était l'hôte, et qui alors habitait dans la région du Pré aux Clercs.

Remarque. — Dans une Note précédente (¹), j'ai eu à transformer en différences de longitude et de latitude des distances à la méridienne et à la perpendiculaire de l'Observatoire de Paris.

Voici le détail du calcul, que nous aurons à répéter plusieurs fois.

D'après Bessel (*Astr. Nachr.*, t. 14, 1837, n° 333, col. 333 ..., et t. 19, 1841, n° 438, col. 116), les valeurs des demi-axes $a$ et $b$ de l'ellipsoïde terrestre sont :

$$a = 3\,272\,077^{T},14 \qquad b = 3\,261\,139^{T},33 \qquad \frac{a-b}{a} = \frac{1}{299,15}.$$
$$\log a = 6,514\,8235\,337, \qquad \log b = 6,513\,3693\,539$$

Il en résulte :

Pour la longueur $m$ de l'arc de 1° de méridien dont le milieu est à la latitude géographique $\varphi$ ;

Pour la longueur $p$ de l'arc de 1° du parallèle de latitude $\varphi$ :

$$m = 57\,013^{T},109 \quad - 286^{T},337 \cos 2\varphi + 0^{T},611 \cos 4\varphi + 0^{T},001 \cos \varphi ;$$
$$p = 57\,156,285 \cos\varphi - 47,825 \cos 3\varphi + 0,060 \cos 5\varphi,$$
$$\log e = 8,912\,2052, \qquad \sin\psi = e \sin\varphi,$$
$$\log p = 4,756\,7009.0 + \log\cos\varphi - \log\cos\psi.$$

*Différences de latitude.* — La variation de $m$ est très lente à la latitude de Paris, de sorte qu'on peut ici supposer cette quantité constante, et adopter la valeur qui correspond à la région moyenne de la ville, soit à la latitude de 48°51'. Cette valeur est 57 050$^{T}$,96 ; et, par suite, l'arc Nord-Sud de 1000$^{T}$ répond à 1'3",1015 ; celui de 1000$^{m}$ à 0'.32",3760.

Si les distances Nord-Sud à transformer en différences de latitude excédaient considérablement 1000$^{T}$ ou 1000$^{m}$, on pourrait interpoler au moyen des données suivantes :

| Latitude géographique. | Valeur de 1° en latitude. | Δ | Valeur en latitude de l'arc de 1000$^{T}$. | Δ | Valeur en latitude de l'arc de 1000$^{m}$. | Δ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ° ' | T | T | ' " | | ' " | |
| 48.45 ........ | 57.049,894 | +0,827 | 1.3,1027 | −9 | 0.32,3763 | −4 |
| 48.50 ........ | 57.050,721 | +0,825 | 1.3,1018 | −10 | 0.32,3759 | −5 |
| 48.55 ........ | 57.051,546 | +0,827 | 1.3,1008 | −9 | 0.32,3754 | −5 |
| 49. 0. ....... | 57.052,373 | | 1.3,1099 | | 0.32,3749 | |

(¹) Voir page 502 de ce Volume.

*Différences de longitude.* — Au contraire, la variation de $p$ est rapide et il est indispensable d'en tenir compte.

Voici, pour les latitudes variant de minute en minute :

Les longueurs de l'arc de 1° de longitude en toises et en mètres;

Les différences de longitude correspondant aux arcs de 1000$^T$ et de 1000$^m$:

| Latitude géographique. | Valeur de l'arc de 1° en longitude en toises. | | Valeur de l'arc de 1° en longitude en mètres. | | Valeur en longitude de l'arc de 1000$^T$. | | Valeur en longitude de l'arc de 1000$^m$. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ° | T | Δ | m | Δ | ′ ″ | Δ | ′ ″ | Δ |
| 48.48... | 37688,05 | — 12,49 | 73455,40 | — 24,34 | 1.35,5210 | + 316 | 0.49,0093 | + 162 |
| 48.49... | 37675,56 | — 12,49 | 73431,06 | — 24,35 | 1.35,5526 | + 317 | 0.49,0255 | + 163 |
| 48.50... | 37663,07 | — 12,49 | 73406,71 | — 24,35 | 1.35,5843 | + 317 | 0.49,0418 | + 163 |
| 48.51... | 37650,58 | — 12,50 | 73382,36 | — 24,36 | 1.35,6160 | + 318 | 0.49,0581 | + 163 |
| 48.52... | 37638,08 | — 12,50 | 73358,00 | — 24,37 | 1.35,6478 | + 318 | 0.49,0744 | + 163 |
| 48.53... | 37625,58 | — 12,51 | 73333,63 | — 24,38 | 1.35,6796 | + 318 | 0.49,0907 | + 163 |
| 48.54... | 37613,07 | — 12,51 | 73309,25 | — 24,38 | 1.35,7114 | + 319 | 0.49,1070 | + 164 |
| 48.55... | 37600,56 | — 12,51 | 73284,87 | — 24,39 | 1.35,7433 | + 318 | 0.49,1234 | + 163 |
| 48.56... | 37588,05 | — 12,51 | 73260,48 | — 24,39 | 1.35,7751 | + 319 | 0.49,1397 | + 164 |
| 48.57... | 37575,54 | — 12,52 | 73236,09 | — 24,39 | 1.35,8070 | + 319 | 0.49,1561 | + 164 |
| 48.58... | 37563,02 | — 12,52 | 73211,70 | — 24,40 | 1.35,8389 | + 320 | 0.49,1725 | + 164 |
| 48.59... | 37550,50 | — 12,52 | 73187,30 | — 24,40 | 1.35,8709 | + 319 | 0.49,1889 | + 164 |
| 49. 0... | 37537,98 | | 73162,90 | | 1.35,9028 | | 0.49,2053 | |

*Latitude origine* (face sud de l'Observatoire de Paris). — La *Connaissance des Temps* donne la valeur 48°50′11″. Comme nos différences de latitude, déduites d'opérations topographiques, seront parfois exactes au centième de seconde d'arc, il est utile d'indiquer les chiffres adoptés pour les dixièmes et les centièmes. Mais, comme on peut le voir par un Mémoire de M. F. Boquet [1], les travaux faits jusqu'ici ne permettent pas de les fixer. Aussi prendrons-nous, en nombre rond, quand il y aura lieu, la valeur 48°50′11″,00.

M. **Paul Marchal** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de faire hommage à l'Académie d'un Volume intitulé : *Les sciences biologiques appliquées à l'agriculture et la lutte contre les ennemis des plantes aux États-Unis* [2].

---

(1) F. Boquet, *La latitude de l'Observatoire de Paris* (*Bulletin astronomique*, t. X, 1893, p. 147-168).

(2) *Annales du Service des Épiphyties*, t. III. 1 vol. grand in-8°, 359 pages, 155 figures. Librairie Lhomme, 3, rue Corneille, Paris, 1916.

J'ai recueilli les données essentielles de ce travail au cours d'un voyage aux États-Unis en 1913. On sait que rien n'a été négligé dans ce pays pour donner à l'agriculture sa plus grande valeur productrice et que les sciences biologiques y sont à cet égard considérées comme fondamentales. Le génie organisateur du peuple américain et les inépuisables richesses dont il dispose lui ont permis de créer dans cette direction des installations modèles et de prendre l'initiative des plus fécondes entreprises.

Au moment où un sérieux effort est tenté dans notre pays pour donner aux services scientifiques de l'agriculture un développement plus étendu, j'ai pensé qu'il y avait intérêt à faire connaître les moyens d'action dont disposent les américains à cet égard ainsi que les résultats auxquels ils sont parvenus.

Après un premier chapitre consacré à la biologie générale dans ses rapports avec l'agriculture aux États-Unis, j'ai étudié les institutions américaines qui ont pour attribution principale l'application des sciences biologiques, en me plaçant surtout au point de vue de la lutte contre les ennemis des plantes. Parmi ces institutions, le Département de l'Agriculture tient la première place et, pour donner une idée de l'organisation de ses services biologiques, j'ai pris comme type l'un d'entre eux, le Bureau d'Entomologie, qui, à lui seul, comporte 8 sections, 35 stations rurales et un personnel scientifique de 200 assistants ou préparateurs sous la direction d'un chef ayant à la fois l'initiative des travaux scientifiques et la charge de l'administration.

Les chapitres suivants sont consacrés à l'étude des autres services biologiques du Département de l'Agriculture, en particulier du Bureau des Cultures (Plant Industry) et du Bureau biologique (Biological Survey).

Le rôle des institutions propres à chacun des États, telles que les Stations expérimentales, les Commissions d'Horticulture, les Services forestiers, est ensuite examiné et l'œuvre qu'elles accomplissent en coopération avec le Département de l'Agriculture dans le domaine de la biologie appliquée est exposée dans ses grandes lignes.

En dehors de la question de l'organisation des services, j'ai traité celle de l'enseignement et j'ai montré comment certaines grandes Universités américaines telles que celle de Cornell et de l'Illinois permettent aux jeunes gens de se spécialiser dans l'étude des sciences biologiques appliquées à l'Agriculture et jouent le rôle de foyers de formation pour les professionnels de la biologie économique; il est profondément regrettable qu'en France nous nous trouvions totalement démunis à cet égard.

La dernière partie de l'ouvrage est consacrée à l'étude des méthodes

qui sont employées en Amérique pour défendre la production agricole contre les attaques des parasites et les invasions des ravageurs. Ces moyens d'action sont groupés en trois catégories : méthodes culturales, méthodes biologiques et méthodes techniques. La forme de lutte qui répond à la deuxième catégorie et qui consiste à combattre les ravageurs au moyen de leurs ennemis naturels est applicable dans tous les cas où une espèce nuisible exotique a été accidentellement introduite, sans les parasites ou les prédateurs qui limitent sa multiplication dans son pays d'origine. Cette forme de lutte a pris en Amérique une importance telle qu'elle donne à l'entomologie appliquée de ce pays l'un de ses caractères les plus originaux et les plus frappants. Des laboratoires pourvus d'un personnel spécialisé et de tout le matériel nécessaire ont été créés exclusivement en vue de l'élevage et de l'acclimatation des parasites utiles dans différentes régions des États-Unis. De nombreuses missions ont été envoyées tant en Europe qu'aux Indes, au Japon ou en Australie pour définir les patries primitives des espèces nuisibles et pour rechercher leurs ennemis naturels; enfin, l'organisation du travail a été poussée si loin à cet égard que, dans divers pays et notamment en France, en Italie et en Russie, des installations temporaires ont été créées par le Bureau d'Entomologie de Washington pour centraliser et expédier les légions de parasites qui devaient combattre, en Amérique, des fléaux tels que les Liparis des arbres forestiers dans le Massachusetts, ou le Phytonome de la Luzerne dans les États du Far-West.

Après avoir retracé l'histoire des entreprises les plus typiques et les plus fécondes concernant la lutte biologique, je me suis appliqué à faire connaître dans leurs traits essentiels les procédés techniques employés aux États-Unis contre les ravageurs, l'arsenal des appareils employés pour les pulvérisations, les fumigations toxiques, la désinfection du sol, et la remarquable organisation qui préside à la mise au point des méthodes préventives ou curatives ainsi qu'à l'application des traitements dans les diverses conditions climatiques ou culturales.

Il est à souhaiter qu'en France on s'inspire de tels exemples, car ils montrent par quelles voies les immenses richesses que nous font perdre annuellement les ennemis des cultures peuvent être en grande partie restituées à notre territoire.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les systèmes triple-orthogonaux, tels qu'un système de courbes de Lamé soit formé de lignes sphériques, le lieu des centres des sphères qui les contiennent étant une sphère ou un paraboloïde de révolution.* Note de M. C. GUICHARD.

Soient $u$, $v$, $w$ les paramètres des lignes de Lamé du système; je suppose que les courbes $u=$ const., $v=$ const. soient des courbes sphériques. Les sphères qui contiennent ces lignes, dépendent de deux paramètres $u$ et $v$. M. Darboux a indiqué les propriétés caractéristiques de cette congruence de sphères (*Leçons*, 4e Partie, Livre VIII, Chap. XII). Avec mon système de notations, les résultats de M. Darboux peuvent s'énoncer ainsi : *La congruence de sphères est* C; *le réseau décrit par le centre des sphères est* K. Si l'on se donne, *a priori*, la surface lieu des centres des sphères, il faudra, pour trouver la congruence de sphères correspondantes, trouver les réseaux K de la surface. C'est un problème que je vais examiner dans les deux cas suivants : 1° la surface donnée est une sphère; 2° la surface donnée est un paraboloïde de révolution. Je vais d'abord rappeler les résultats dus à M. Darboux (*loc. cit.*). Soient M le centre de la sphère; $x_1$, $x_2$, $x_3$ les coordonnées de M; $\xi_1$, $\xi_2$, $\xi_3$ les paramètres normaux de la tangente du réseau M; $\eta_1$, $\eta_2$, $\eta_3$ ceux de la seconde; on aura d'abord, d'après les formules générales des réseaux :

$$(1)\qquad \begin{cases} \dfrac{\partial x_i}{\partial u}=k\xi_i, & \dfrac{\partial \xi_i}{\partial v}=n\eta_i, & \dfrac{\partial h}{\partial v}=lm,\\[2mm] \dfrac{\partial x_i}{\partial v}=l\eta_i, & \dfrac{\partial \eta_i}{\partial u}=m\xi_i, & \dfrac{\partial l}{\partial u}=hn. \end{cases}$$

On a de plus, par un choix convenable des variables $u$ et $v$, la relation

$$(2)\qquad \xi_1\eta_1+\xi_2\eta_2+\xi_3\eta_3=\frac{\partial m}{\partial u}+\frac{\partial u}{\partial v}.$$

Avec ce choix de variables, le rayon R de la sphère est

$$(3)\qquad R^2=h^2+l^2.$$

1. *Cas de la sphère.* — Dans ce cas le réseau décrit par M est un réseau O. Soit

$$\begin{vmatrix} \alpha_1 & \alpha_2 & \alpha_3\\ \beta_1 & \beta_2 & \beta_3\\ \gamma_1 & \gamma_2 & \gamma_3 \end{vmatrix}$$

le déterminant orthogonal qui correspond à ce réseau. A, B, M, N les rotations correspondantes. On aura ici

$$x_i = \alpha_i, \qquad \xi_i = \omega\beta_i, \qquad \eta_i = \omega\gamma_i;$$
$$h = \frac{1}{\omega}A, \qquad l = \frac{1}{\omega}B, \qquad m = M, \qquad n = N,$$

$\omega$ étant une constante. La relation (2) donne

$$\frac{\partial M}{\partial u} + \frac{\partial N}{\partial v} = 0,$$

ce qui permet de poser

$$M = -\frac{\partial \varphi}{\partial v}, \qquad N = \frac{\partial \varphi}{\partial u},$$

ce qui montre que le réseau de la sphère est la représentation sphérique d'une surface isothermique. On aura ensuite

$$R^2 = \frac{1}{\omega^2}(A^2 + B^2).$$

On voit que, lorsque le réseau M est connu, il y a une infinité de congruences de sphères correspondantes; on passe d'une congruence à l'autre, en multipliant le rayon des sphères par un nombre constant.

Je signale, à propos de ce cas, les résultats suivants :

1° *Si le réseau* (M) *tracé sur la surface des centres est un réseau* O, *ce réseau a même représentation sphérique qu'une surface isothermique.*

2° *Si le rayon des sphères d'une congruence satisfaisante est constant, le réseau* (M) *est* O ; *sa représentation sphérique est celle d'une surface isothermique.*

En effet, d'après la relation (3), on peut poser

$$h = R\cos\theta, \qquad l = R\sin\theta,$$

d'où

$$m = -\frac{\partial \theta}{\partial v}, \qquad n = \frac{\partial \theta}{\partial u}. \tag{4}$$

La formule (2) montre que M décrit un réseau O; et les formules (4) montrent que la représentation sphérique de ce réseau est celle d'une surface isothermique.

2. *Cas du paraboloïde de révolution.* — Je considère le paraboloïde dont l'équation est

$$x_1^2 + x_2^2 - 2x_3 = 0. \tag{5}$$

Tout réseau tracé sur ce paraboloïde se projette sur le plan $x_1\,x_2$ suivant un réseau O. On peut donc supposer

$$(6)\qquad \begin{cases} \xi_1=\omega\cos\varphi, & \xi_2=\omega\sin\varphi, & \xi_3=a, \\ \eta_1=\omega\sin\varphi, & \eta_2=-\omega\cos\varphi, & \eta_3=b, \end{cases}$$

$\omega$ étant constant; on en déduit

$$(7)\qquad m=\frac{\partial\varphi}{\partial u},\qquad n=-\frac{\partial\varphi}{\partial v},\qquad \frac{\partial a}{\partial v}=-b\frac{\partial\varphi}{\partial v},\qquad \frac{\partial b}{\partial u}=a\frac{\partial\varphi}{\partial u}.$$

La formule (2) donne ensuite

$$ab=\frac{\partial^2\varphi}{\partial u^2}-\frac{\partial^2\varphi}{\partial v^2}.$$

On voit que si l'on fait

$$A=ia,\qquad B=ib,\qquad M=n,\qquad N=m,$$

A, B, M, N sont les rotations de la représentation sphérique d'une surface isothermique.

Soient $X_1$, $X_2$, $X_3$ les paramètres directeurs de la normale au réseau M. D'après les formules (6) on a

$$\frac{X_1}{a\cos\varphi+b\sin\varphi}=\frac{X_2}{a\sin\varphi-b\cos\varphi}=\frac{X_3}{-\omega}.$$

D'autre part, d'après l'équation (5), on a

$$\frac{X_1}{x_1}=\frac{X_2}{x_2}=\frac{X_3}{-1}.$$

En comparant on trouve

$$(8)\qquad x_1=\frac{1}{\omega}(a\cos\varphi+b\sin\varphi),\qquad x_2=\frac{1}{\omega}(a\sin\varphi-b\cos\varphi),\qquad x_3=\frac{1}{2\omega^2}(a^2+b^2)$$

et, si l'on pose

$$H=\frac{\partial a}{\partial u}+b\frac{\partial\varphi}{\partial u},\qquad L=\frac{\partial b}{\partial v}-a\frac{\partial\varphi}{\partial v},$$

on vérifie facilement, en partant des formules (8),

$$\frac{\partial x_i}{\partial u}=\frac{1}{\omega^2}H\xi_i,\qquad \frac{\partial x_i}{\partial v}=\frac{1}{\omega^2}h\eta_i$$

et, d'après la formule (3), on aura

$$R^2=\frac{1}{\omega^4}(H^2+L^2),$$

donc :

*Si l'on connaît la représentation sphérique d'une surface isothermique, on peut déterminer, sous forme finie, une infinité de congruences de sphères satisfaisantes, le lieu des centres des sphères étant un paraboloïde de révolution.*

Effectuons sur ces sphères une homothétie ayant pour centre l'origine et pour module $\omega^2$. Les coordonnées $y_1$, $y_2$, $y_3$ du centre de la sphère seront

$$y_1 = \omega(a\cos\varphi + b\sin\varphi), \qquad y_2 = \omega(a\sin\varphi - b\cos\varphi), \qquad y_3 = \frac{1}{2}(a^2 + b^2)$$

et l'on aura

$$R^2 = H^2 + L^2.$$

D'où le résultat suivant :

*Soient* M *le centre,* R *le rayon d'une sphère qui décrit la congruence demandée; si l'on abaisse de* M *la perpendiculaire* MP *sur l'axe du paraboloïde et si l'on prend sur* MP *un point* M' *tel que* $\frac{PM'}{PM}$ *soit constant; la sphère qui a pour centre* M' *et le même rayon* R *que la sphère* M *décrit aussi une congruence satisfaisante.*

La méthode indiquée ne donne rien dans les deux cas suivants : 1° $A = ie^{i\varphi}$, $B = e^{i\varphi}$ (représentation sphérique des surfaces minima); 2° $A = \cos\varphi$, $B = \sin\varphi$ (représentation des surfaces à courbure totale constante). On lève la difficulté en faisant intervenir d'autres éléments qui se rattachent aux surfaces isothermiques. Dans le cas des surfaces à courbure totale constante, on peut indiquer la solution suivante. Soient F le foyer du paraboloïde, $\Sigma$ la sphère de centre F et de rayon 1; faisons une perspective de centre F; à chaque point M du paraboloïde on fait correspondre un point $m$ de la sphère. Cette correspondance transforme un réseau en un réseau; si maintenant le point $m$ décrit la représentation sphérique d'une surface à courbure totale constante, le point M décrira un réseau; le réseau $(m)$ est (C), donc la congruence point F$m$ sera (C); le réseau (M) découpé sur le paraboloïde sera un réseau K, ce qui donne une solution.

*Remarque.* — La remarque suivante donne une transformation du problème, même dans le cas où la surface des centres est une quadrique quelconque Q. Soit (M) un réseau (K) de cette quadrique : il y a $\infty^3$ congruences C conjuguées à ce réseau K, soit G l'une d'elles; la droite G rencontre la quadrique Q en un second point M'. D'après un théorème de Ribaucour, le point M' décrit un réseau; ce réseau étant conjugué à une congruence C est un réseau K. D'où une nouvelle solution du problème.

GÉOLOGIE. — *Sur les brèches (conglomérats) de Tarentaise.*
Note [1] de MM. **W. Kilian** et **J. Révil**.

En 1891, l'un de nous (W. K) [2] constatait l'existence en Tarentaise, au sud de l'Isère, de deux brèches d'âge différent : l'une liasique (brèche du Télégraphe) qui lui avait livré des fossiles liasiques (déjà signalés par Ch. Lory) au Niélard, et dont il montra la connexion étroite avec les calcaires cristallins de Dorgentil et le « Lias calcaire » du fort du télégraphe en Maurienne, ainsi qu'avec les assises d'Aigueblanche à *Rhacophyllites diopsis* Gemm. sp.; l'autre d'âge tertiaire, brèche polygénique, développée plus au Nord que ne l'avait pensé Ch. Lory et retrouvée notamment à Crève-Tête et en amont d'Aigueblanche; cette dernière se présentant en relation intime à Varbuche avec des couches renfermant (d'après Vallet) des *Nummulites*. Ces faits conduisaient à considérer comme établie la grande *transgression nummulitique* parfaitement observable entre Moutiers et La Chambre, où l'on voit les brèches reposer indifféremment sur le Lias, les Gypses et Cargneules triasiques, les Schistes bigarrés, les Calcaires du Trias, les Quartzites et le « Lias schisteux ».

Les fragments de ces diverses roches, écrivait-il, forment en grande abondance les éléments de la brèche nummulitique et montrent, par *leur fréquence relative, en relation avec la nature du substratum*, qu'il s'agit bien d'une transgression et non d'un contact anormal [3].

Supposant que des formations analogues devaient se retrouver plus au Nord et que le synclinal complexe des Aiguilles d'Arves, occupé par des sédiments tertiaires, pouvait se poursuivre jusqu'à la frontière italienne, nous entreprenions, en juin 1893, des explorations géologiques dans la Tarentaise septentrionale [4] et nous arrivions à y distinguer facilement la *brèche liasique*, dont l'âge ne fait aucun doute et une *brèche polygénique*, à ciment plus micacé et quartzifère, que nous crûmes pouvoir rapporter au

---

[1] Séance du 6 novembre 1916.

[2] W. Kilian, *Sur la structure du Massif de Varbuche (Savoie)* (*Bull. Soc. Hist. nat. de Savoie*, 1re série, t. 4, 1891, p. 101).

[3] W. Kilian, *Sur la constitution du massif de Varbuche* (*Bull. Soc. Hist. nat. de Savoie*, 1re série, t. 4, 1891, p. 114).

[4] W. Kilian et J. Révil, *Une excursion géologique en Tarentaise* (*Bull. Soc. Hist. nat. de Savoie*, 1re série, t. 7, 1893, p. 28).

Tertiaire, bien que, malgré des recherches actives, nous n'y ayons rencontré aucun fossile.

Nous considérions ces brèches polygéniques comme représentant la continuation de celles de la vallée de l'Arc (Maurienne) et du massif de Varbuche. Nous ajoutions qu'elles devaient se poursuivre jusqu'aux environs du Col du Bonhomme. Ces conclusions, vérifiées plus tard par Marcel Bertrand, furent utilisées par lui dans le relevé des contours de la feuille d'Albertville de la Carte géologique détaillée, où la brèche polygénique est considérée comme formant le noyau de plusieurs *synclinaux* situés dans la continuation nord du « Synclinorium » des Aiguilles d'Arves.

Depuis lors, l'un de nous (W. K.) signalait les *deux brèches* dans le Briançonnais : la plus ancienne toujours en relation avec le Lias, le Rhétien et divers étages jurassiques; la plus récente à la partie supérieure de la puissante formation comprise sous la dénomination de *Schistes lustrés*, et dans la partie supérieure de laquelle les schistes plus feuilletés sont toujours dépourvus d'intercalations de roches vertes si fréquentes dans le complexe inférieur mésozoïque. Ces schistes supérieurs continuent vers l'Est, d'après MM. Kilian et Pussenot (1), le *Flisch noir* de la zone du Briançonnais, auxquels se rattachent nettement les brèches de l'Alpet, de l'Eychauda, du Gros près Guillestre et des Salettes près Escreins, à fragments remaniés de « roches vertes » attestant nettement l'existence de *discontinuités stratigraphiques* dans la série sédimentaire intra-alpine (2), discontinuités d'ailleurs admises également par M. Lugeon dans ses derniers travaux.

A la suite de recherches effectuées en 1908 et en 1909, aux environs de Courmayeur par MM. W. Kilian, P. Lory et S. Franchi, des doutes furent cependant émis par ces auteurs au sujet de nos conclusions relatives aux *brèches de Tarentaise*. Les brèches polygéniques des Chapieux furent considérées en 1912, par MM. Kilian et Jacob, comme appartenant à un niveau du Jurassique immédiatement supérieur aux calcaires cristallins du Lias et comme reliés aux *Schistes lustrés* mésozoïques du Versoyen par des passages ménagés et constituant le « *type mixte* » du Lias, de M. W. Kilian. Par contre, notre regretté et éminent confrère Jean Boussac, dont la Science déplore la perte récente, adoptait la première interprétation de MM. Kilian et Révil et considérait *la brèche polygénique comme d'âge incontestablement tertiaire*.

En 1912, M. Gignoux (3), après avoir très clairement défini le problème qui se posait, procéda à de nouvelles explorations et, dans une première Note, signala la présence de *deux complexes de brèches* aux environs de Villette et d'Aime : 1° l'un liasique accompagné de calcaires cristallins et comprenant la célèbre *brèche de Villette;* 2° l'autre supérieur au précédent comprenant des schistes et des microbrèches, des

---

(1) W. Kilian et Ch. Pussenot, *Nouvelles données relatives à la tectonique des environs de Briançon* (*Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 515).

(2) W. Kilian, *Sur les brèches polygéniques de l'Éogène du Briançonnais* (*Compte rendu sommaire Soc. géol. de France*, nos 6-7, 1915, p. 38).

(3) *Compte rendu des collaborateurs de la Carte géologique de France pour la Campagne de* 1912, t. 22, no 133, p. 101).

brèches polygéniques et des intercalations *à faciès de Flysch*. Il n'y a pas de raison, d'après cet auteur, de ne pas attribuer (provisoirement) ce deuxième ensemble au Tertiaire comme le complexe très analogue de Villarclément en Maurienne pour lequel la découverte de *Nummulites* par M. Gignoux a fourni la preuve péremptoire d'un âge éogène. Cet ensemble supérieur présente, dans le nord de la Tarentaise, des schistes de faciès *lustré* (Schistes lustrés supérieurs de Marcel Bertrand).

Postérieurement encore, MM. Gignoux et Pussenot ([1]), à la suite d'excursions effectuées dans les mêmes régions, attribuèrent au Jurassique *toutes les brèches* rencontrées par eux : l'un (M. Gignoux) auquel les brèches calcaires *inférieures* ont fourni une *Bélemnite* au Mont Coin, les plaçant à la partie supérieure du Lias, l'autre (M. Pussenot) à la partie inférieure (Infralias). Ces auteurs semblent toutefois *avoir confondu les deux brèches* et surtout n'avoir pas tenu suffisamment compte de la transgressivité de la brèche polygénique qui, pour nous, est indiscutable. [Les coupes publiées par M. Pussenot (*loc. cit.*) peuvent parfaitement être interprétées en admettant cette dernière hypothèse.] MM. Gignoux et Pussenot ont reconnu d'ailleurs également l'allure transgressive de certaines de ces brèches. M. Boussac (15 décembre 1913) paraît s'être rallié à leur opinion.

Des explorations faites récemment (1916) en Tarentaise, en vue de l'établissement de la carte au 320000$^e$, nous ont fourni des données absolument concluantes pour le maintien des deux complexes bréchoïdes, antérieurement signalés par nous, et nettement distincts aux environs immédiats de Moutiers.

Ces niveaux se reconnaissent en effet facilement dans le versant montagneux qui domine les villages de Tessens et de Villette. Près des chalets de « la Peisey » et de « Serpentant », la « brèche polygénique » est en contact immédiat avec la « brèche du Télégraphe » *qu'elle ravine* et dont elle se distingue même par ses caractères morphologiques, la première se manifestant par des crêtes rocheuses massives et calcaires, de teinte claire, la seconde, dans laquelle dominent les éléments siliceux, donnant lieu à des arêtes de teinte sombre et à des reliefs plus émoussés. La brèche polygénique forme en ce point le noyau d'un synclinal dont les flancs montrent des assises mésozoïques (Lias et Trias); elle se présente accompagnée d'intercalations de schistes et de calcaires quartziteux, de microbrèches et de schistes noirs dans lesquels elle constitue parfois des amas irréguliers. Elle renferme ici des *fragments très reconnaissables de la « brèche de Villette »* (Lias supérieur) et des *calcaires cristallins du Clex* (Lias) et n'est certainement pas plus ancienne que le Lias supérieur.

La brèche polygénique ([2]) existe encore plus au Nord, dans le massif de

---

([1]) *Compte rendu des Collaborateurs de la Carte géologique de France pour la Campagne de* 1913, t. 23, n° 136, p. 107 et 121. — V. aussi : *C. R. somm. Séances Soc. géol. de Fr.*, 15 décembre 1915 et 19 janvier 1916.

([2]) Parmi les éléments de cette brèche, nous avons reconnu, outre des granites et schistes cristallins permo-carbonifères, des grès houillers, des grès et schistes per-

la Dent Portetta, où elle se présente dans des conditions tectoniques un peu différentes et en *transgression* manifeste sur les quartzites du Trias. Le cirque que domine cette cime permet en effet de constater l'existence d'un anticlinal dont le flanc occidental, usé par l'érosion, montre cette brèche surmontant *directement* les couches du Trias inférieur (quartzites, arkoses rouges et vertes) tandis que le flanc oriental de ce même pli présente, en superposition à ces derniers, les calcaires du Trias et du Lias (avec intercalation de brèches du Télégraphe), puis, plus à l'Est, des schistes et de nouvelles brèches *polygéniques* très laminées (1) et accompagnées de Schistes lustrés (Mont Rosset).

Dans cette localité, les deux ensembles bréchoïdes se distinguent d'ailleurs avec facilité : le plus récent montre ici encore une composition en rapport avec son substratum et renferme de nombreux fragments de quartzites werféniens, dont quelques-uns, non roulés, sont d'un volume énorme.

Les « brèches polygéniques » de Tarentaise, localisées dans une bande située à l'est de la zone delphino-savoisienne, semblent donc bien être la continuation des brèches de nature identique de la Maurienne qui comprennent des assises qui ont fourni récemment, à Villarclément, à notre confrère M. Gignoux, des *Nummilites* (2); elles paraissent se relier d'une façon indubitable à celles des Chapieux et des environs du Col de la Seigne. *Le rattachement à l'Éogène d'une partie de ces dernières*, selon la première interprétation de l'un de nous (W. K.) *confirmée plus tard par Jean Boussac, semble donc justifié et incontestable*, bien que nous n'y ayons recueilli aucun galet appartenant à des roches plus récentes que le Lias supérieur (calcaire de Villette).

---

miens, des quartzites triasiques, des calcaires du Trias, des *dolomies nankin* et des calcaires « ivoirins » de l'Infralias, des calcaires noirs et des marbres cristallins du Lias, et des fragments de « brèche de Villette » (Lias supérieur).

(1) Marcel Bertrand avait distingué par une teinte spéciale (*Jl*), sur la feuille Albertville, ce complexe qu'il avait attribué au terrain jurassique dans le massif du Roignais, alors qu'à Pierre-Menta il rattachait au Tertiaire ($e^3m$) la même formation moins laminée.

(2) *Compte rendu des Collaborateurs pour* 1912, 1913, p. 101.

PALÉONTOLOGIE. — *Découverte de restes d'*Anthracotherium *dans les formations sannoisiennes du bassin d'Aix-en-Provence.* Note posthume de M. G. **Vasseur**.

Nous nous proposons, dans la présente Note, d'opposer une observation nouvelle à l'opinion de certains géologues, rattachant au terrain oligocène les dépôts à faune paléothérienne qu'on observe dans diverses régions (gypse parisien, etc.).

Nous avons déjà signalé à l'Académie la présence d'un Rhinocéridé (*Aceratherium* ou genre très voisin) dans les plus anciennes formations oligocènes du bassin de la Gironde (mollasses du Fronsadais) [1] et nous avons cru voir dans ce fait, un nouvel argument en faveur des idées de nos devanciers, Hébert, Matheron, Tournouër, sur la limite supérieure du terrain éocène.

La découverte que nous allons faire connaître concorde avec la précédente de la manière la plus heureuse et pèsera sans doute de tout son poids pour incliner vers nous le plateau de la balance.

On sait que le bassin tertiaire d'Aix-en-Provence présente une série très puissante de sédiments éocènes et oligocènes. Les dépôts de l'Éocène inférieur et du Lutétien, si bien étudiés et déterminés par Matheron, n'ont jamais donné lieu à une discussion, mais il n'en a pas été de même des formations plus récentes, dont la succession complète a d'ailleurs été connue assez tardivement.

Après le calcaire de la butte de Cuq, qui représente dans le bassin d'Aix, le dernier terme de la série lutétienne, on observe de bas en haut : 1° le calcaire lacustre à *Planorbis crassus* de Saint-Pons (près Roquefavour); 2° la puissante formation des argiles et conglomérats des Milles; 3° la série calcaréo-gypseuse de la Montée d'Avignon (près Aix), célèbre par ses nombreux fossiles (Poissons, Insectes, Arachnides, Végétaux); 4° la molasse sableuse des Figons; 5° enfin, le calcaire d'Éguilles, à faune nettement aquitanienne.

Sans mentionner les diverses opinions émises au sujet de l'âge de ces terrains, nous rappellerons cependant que Fontanes attribuait les argiles des Milles à l'étage bartonien, la base de la formation calcaréo-gypseuse

(1) G. Vasseur, *Découverte de Vertébrés dans les molasses oligocènes du Fronsadais* (*bassin de la Gironde*) (*Comptes rendus*, t. 145, 1907, p. 1237).

(argile un peu ligniteuse) à l'Éocène supérieur et au Sannoisien les premières assises calcaires de cette même série.

On doit d'autre part, à M. Collot, la découverte du calcaire de Saint-Pons. Notre collègue a reconnu que cette formation est inférieure à l'argile des Milles et renferme le *Planorbis crassus*, mais il l'a synchronisée par erreur avec le calcaire de Saint-Ouen du bassin de Paris (Bartonien supérieur). De ce fait, les argiles des Milles remontaient dans l'Éocène supérieur, si réduit d'après Fontanes, et trouvaient leur place naturelle au-dessous des calcaires attribués jusqu'alors à l'étage sannoisien.

Nos observations nous ont permis de remanier entièrement la classification de ces dépôts et, dès l'année 1897, nous avons montré que le calcaire de Saint-Pons doit être assimilé au calcaire à faune paléothérienne du Mas-Saintes-Puelles (près Castelnaudary), constituant dans cette région le *dernier terme de l'Éocène supérieur*.

Cette détermination avait pour première conséquence, d'établir qu'il existe, dans le bassin d'Aix, une importante lacune correspondant à l'étage bartonien.

Cette lacune s'est d'ailleurs traduite par des érosions considérables, ayant succédé à des mouvements du sol, et c'est ainsi qu'on peut voir le calcaire de Saint-Pons *reposer en discordance sur une série de couches appartenant à l'Éocène inférieur et au pied d'une falaise formée par la tranche d'une assise lutétienne* (¹).

Nous avons démontré en outre que les argiles des Milles appartiennent à l'étage sannoisien; mais il importait de trouver la confirmation de ce fait dans des découvertes paléontologiques. Orienté dans cette direction et obligeamment secondé par M. Rastoin, directeur de la tuilerie des Milles, nous avons eu la satisfaction de pouvoir annoncer en 1897 (¹) la présence des genres *Aceratherium* et *Cainotherium* dans les argiles précitées.

Par suite, la formation calcaréo-gypseuse d'Aix rapportée par de Saporta à l'Éocène supérieur, puis, pour la base, à l'étage sannoisien par Fontanes et M. Depéret, devenait stampienne en totalité. Une nouvelle découverte, due comme la précédente à l'obligeant concours de M. Rastoin, vient encore justifier notre détermination et offre en outre le grand intérêt d'établir la présence du genre *Anthracotherium* dans les plus anciens dépôts de l'Oligocène.

---

(¹) G. VASSEUR, *Note préliminaire sur la constitution géologique du bassin tertiaire d'Aix-en-Provence* (*Ann. Fac. Sc. Marseille*, t. VIII, 1897). — DE FUVEAU, *Livret-guide*, 8ᵉ *Congrès géol. intern. Paris*, 1900.

La formation de Rouzon qui présente, avec les derniers et rares survivants de la faune paléothérienne, de nombreux Mammifères oligocènes, a été justement attribuée par M. Boule à l'étage sannoisien; mais notre savant collègue fit remarquer à ce sujet l'absence dans ce dépôt du genre *Anthracotherium* si fréquemment rencontré dans les sédiments de l'Oligocène moyen. La découverte, dans les argiles des Milles, de trois genres éminemment caractéristiques de l'Oligocène a donc cette importante signification de montrer que, dès l'époque sannoisienne, une forme nouvelle de Mammifères s'est, en majeure partie, substituée à la forme paléothérienne.

Au point de vue stratigraphique, nous ajouterons que les argiles des Milles, transgressives sur les terrains crétacés et éocènes, offrent une répartition géographique complètement différente de celle des dépôts éocènes, et témoignent d'une extension considérable des eaux qui n'occupaient qu'un bassin très réduit à l'époque ludienne. L'indépendance absolue de l'Éocène supérieur dans le bassin d'Aix ressort de tous ces faits; c'est bien une raison de plus pour ne pas rayer de la classification des terrains, à l'exemple de certains géologues, un terme qui doit être conservé au même titre que les autres. Nous aurons d'ailleurs l'occasion de revenir sur cette question, en nous appuyant cette fois sur les formes marines de l'Éocène supérieur.

## COMMISSIONS.

M. le **Président** annonce que M^lle^ *Duhem*, fille du regretté Membre de l'Académie, a confié à l'Académie les manuscrits de son père. Il demande la nomination d'une Commission qui sera chargée d'examiner ce dépôt.

La Commission sera constituée par MM. **Darboux**, **Bigourdan**, **B. Baillaud**, sous la présidence de M. le **Président**.

## CORRESPONDANCE.

M. E. **Ariès**, élu Correspondant pour la Section de Mécanique, adresse des remercîments à l'Académie.

M. **Frédéric Bordas** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

MÉCANIQUE. — *Variation systématique de la valeur de la force vive dans le choc élastique des corps.* Note de M. L. HARTMANN.

J'ai signalé précédemment [1] que, lorsqu'on détermine le choc élastique, direct et axial, de deux masses cylindriques $m$ et $m'$, en acier trempé de $12^{mm}$ de diamètre, formant pendules et servant, l'une de marteau, avec la vitesse $v$ au commencement du contact, l'autre d'enclume, les vitesses respectives de ces masses, immédiatement après leur séparation, sont représentées par les expressions

$$\psi = (1-n)\,v \qquad \text{et} \qquad \psi' = n\frac{m}{m'}v,$$

alors que les formules de la théorie classique sont

$$\varphi = (1-\mathrm{N}) \qquad \text{et} \qquad \varphi' = \mathrm{N}\frac{m}{m'}v,$$

N étant égal à $\frac{2m'}{m+m'}$.

J'ai indiqué, d'autre part, que, d'après les essais réalisés, le coefficient effectif $n$ ne se confond avec le coefficient théorique N que pour $v = 0$, et qu'avec des cylindres de longueurs données, il décroît régulièrement, à mesure que $v$ augmente, tandis que N reste invariable par définition.

J'ai fait observer que, dans ces conditions, la force vive après le choc a pour valeur $mv^2\left[1-\frac{2n}{\mathrm{N}}(\mathrm{N}-n)\right]$, et qu'elle est, par suite, inférieure à la force initiale $mv^2$ du cylindre-marteau.

La présente Note a pour objet de compléter cette communication par l'exposé de quelques autres résultats d'expérience.

1° Un cas particulièrement intéressant, parce qu'il manifeste de la façon la plus claire la non-conservation de la force vive, est celui du choc de deux masses cylindriques identiques, pour lesquelles on a $\mathrm{N} = 1$.

On admet actuellement que, lorsque ces masses se séparent, le cylindre-enclume, qui était immobile, prend la vitesse $v$ du cylindre-marteau, quelle que soit cette vitesse, ce dernier revenant, en même temps, à la position de repos; autrement dit $n$ est égal à 1.

La réalité est différente : le cylindre-marteau ne s'arrête pas tout à fait,

---

(1) *Comptes rendus*, t. 163, 1916, p. 222.

et sa vitesse restante est d'autant plus grande que la vitesse au choc est plus élevée; de son côté, la vitesse du cylindre-enclume est plus petite que $v$; le coefficient $n$ est donc inférieur à 1.

Par exemple, avec deux cylindres de $100^{mm}$ de longueur, et en faisant en sorte que le cylindre-marteau ait des vitesses initiales (en mm : sec) égales à

25 50 100 150 200 250 300 350

on obtient, pour $n$, les valeurs moyennes

0,997 0,996 0,991 0,982 0,97 0,96 0,945 0,93

et, par conséquent, pour le rapport $\frac{m\psi^2 + m\psi'^2}{mv^2}$, les nombres

0,994 0,992 0,982 0,964 0,942 0,923 0,896 0,887.

2° La théorie classique du choc élastique est également en désaccord avec l'expérience, quand le cylindre-enclume est remplacé par un bloc épais en acier, limité par une surface plane verticale, et fortement relié au sol, de manière que la masse totale soit extrêmement grande, et que le coefficient N puisse être regardé comme égal à 2.

D'après les formules auxquelles aboutit cette théorie, le cylindre-marteau acquiert, après le choc, la vitesse $-v$, $n$ ayant, par suite, la valeur 2. D'après les essais exécutés, ce cylindre est animé d'une vitesse finale $-(1-\varepsilon)v$, $\varepsilon$ étant d'autant plus grand que $v$ est plus considérable; le coefficient effectif $n$ est donc plus petit que 2.

Ainsi, avec un cylindre-marteau de $100^{mm}$ de longueur, et pour les mêmes vitesses au choc que ci-dessus, $n$ a les valeurs :

1,999 1,995 1,99 1,885 1,98 1,97 1,96 1,95

$m'\psi'^2$ étant extrêmement petit, dans ce cas, et pouvant être négligé, l'expression de la force vive après le choc prend la forme

$$m\psi^2 = mv^2(n-1)^2;$$

d'où l'on déduit, pour le rapport $\frac{m\psi^2}{mv^2}$, les nombres

0,996 0,992 0,980 0,97 0,961 0,941 0,922 0,903

Ces nombres représentent aussi les rapports $\frac{h}{H}$, H étant la hauteur de chute et $h$ la hauteur de remontée du cylindre-marteau, corrigées de la résistance de l'air et de celle des fils de suspension.

3° Un fait important, observé dans ces diverses recherches, est que le coefficient $n$ dépend, pour chaque vitesse au choc, de la matière constitutive des deux corps qui se rencontrent. Avec un cylindre-enclume ayant même masse que le cylindre-marteau, mais dans lequel on substitue du caoutchouc à l'acier sur une certaine longueur, du côté où le choc se produit, on constate que, pour chaque valeur de $v$, $n$ est plus petit que lorsque ce cylindre-enclume est tout entier en acier, et qu'en outre il décroît à mesure qu'on augmente la proportion du caoutchouc.

Dans le cas du rebondissement du cylindre-marteau de 100$^{mm}$ de longueur sur un bloc en acier, les valeurs de $n$, quand on recouvre l'acier d'une plaque adhérente de caoutchouc, ayant 40$^{mm}$ d'épaisseur, deviennent sensiblement

1,985 1,98 1,96 1,94 1,90 1,86 1,80 1,70

et celles du rapport $\frac{m\psi^2}{mv^2}$ ou $\frac{h}{H}$,

0,97 0,94 0,92 0,884 0,81 0,74 0,656 0,49

En résumé, dans le choc élastique de deux masses, dont l'une est primitivement en repos, le coefficient $n$ et la force vive finale varient avec la substance qui les compose ainsi qu'avec la vitesse du choc.

Ce résultat est d'accord avec ce que l'on sait de l'influence que l'état et la constitution des corps de la nature exercent sur l'effet des divers agents physiques, et, pour cette raison, il pouvait être prévu. Je ferai remarquer d'ailleurs, à ce sujet, que, par cela même que le coefficient N n'est fonction que du rapport des masses, la théorie classique implique qu'avec deux corps de masses déterminées, les vitesses après la rencontre et la vitesse initiale du corps-marteau sont rigoureusement dans le même rapport, quelle que soit cette vitesse, et que, d'autre part, ces corps, si l'on en fait varier la matière, prennent néanmoins, pour chaque valeur de $v$, des vitesses égales. Il est hors de doute qu'étant en contradiction avec la loi générale susvisée, ces hypothèses ont un caractère purement abstrait, comme celles qui consisteraient à supposer que le coefficient de dilatation linéaire d'une barre est exactement le même, à toute température, ou que des barres différentes de même masse se dilatent également, quand on les porte à la même température.

J'indiquerai en terminant que, si l'expérience met ainsi en évidence, dans le choc élastique, la variation systématique de la somme des forces vives des deux corps en prise, évaluées au moyen de leurs vitesses finales, par contre, les quantités de mouvement moyennes existant dans ces corps,

à la fin de la période de raccourcissement, qui sont positives l'une et l'autre dans tous les cas réalisables, et qui constituent les véritables quantités de mouvement provenant du choc proprement dit, ont une somme arithmétique égale à la quantité de mouvement initial du corps-marteau, c'est-à-dire que cette quantité de mouvement se conserve, *d'une manière effective*, conformément à la conception de Descartes.

MÉCANIQUE. — *Système nouveau de transmission par joint à billes.* Note de M. R. Guillery, présentée par M. L. Lecornu.

Quand une bille est tenue entre deux cuvettes sphériques symétriquement placées, l'ensemble résiste facilement aux efforts dirigés suivant la ligne des centres. Si un effort sollicite dans tout autre sens l'une des cuvettes, l'ensemble peut se déformer sans que l'écartement relatif des centres des cuvettes varie sensiblement.

Supposons par exemple une bille de rayon $r$, à centre fixe O, placée entre deux cuvettes de rayon R (*fig.* 1) dont l'une à centre fixe C, et l'autre

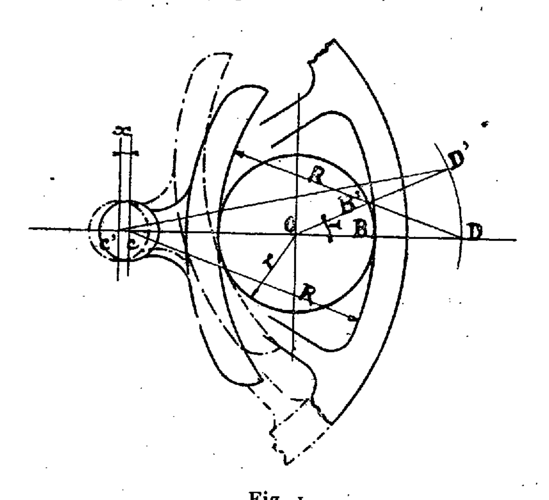


Fig. 1.

à centre mobile D astreinte à tourner autour d'un point P qui, d'abord confondu avec C, peut glisser sur la ligne COD.

Si la bille tourne sans glisser sur les cuvettes, la cuvette de centre C tourne sur elle-même; le centre D vient en D' et la rotation transporte de C en C' le pivot de la cuvette correspondante. Soit $\alpha$ l'angle que forme

avec OC la normale au nouveau point de contact de la bille avec la cuvette de centre D, l'allongement de POD, c'est-à-dire CC', a pour valeur

$$x = (R - r)\left[\sqrt{4 - \sin^2\alpha} - (1 + \cos\alpha)\right];$$

pour $BB' = 2^{mm}$, $R = 25^{mm}$, $r = 10^{mm}$, on a $\alpha = 11^\circ 30'$ et $x = 0^{mm},15$.

Si donc on s'oppose au déplacement de P, chacun des contacts éprouve un aplatissement de $0^{mm},075$.

Si nous avions supposé les cuvettes se déplaçant en mouvement de transport parallèle, leur écartement relatif serait du même ordre. Or ces faibles déplacements sont de l'ordre de grandeur des flexions élastiques de l'acier.

Grâce à cette propriété, on peut construire un accouplement souple et sans jeu, à frottement de roulement, c'est-à-dire à rendement presque total.

Les figures 2 et 3 montrent un joint universel permettant un angle des

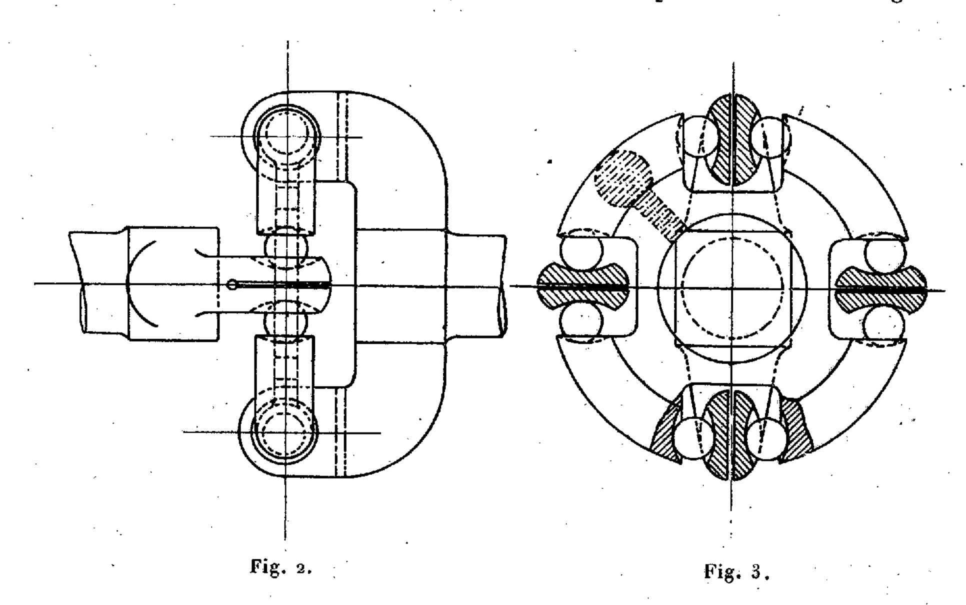


Fig. 2. Fig. 3.

deux axes, un déplacement par mouvement de transport parallèle de ces axes : 1° dans le sens de ces axes; 2° dans des sens perpendiculaires à ces axes.

L'organe ainsi représenté réunit donc, en un seul joint : l'inclinaison du cardan, le déplacement latéral du joint de Oldham, et en plus un déplacement longitudinal dans le sens des axes.

Cet organe est de construction simple et économique, puisque les pièces

peuvent rester brutes de forgeage ou d'estampage; seules les cuvettes demandent à être proprement embouties.

Les figures 4 et 5 représentent sur le même principe une série d'éléments

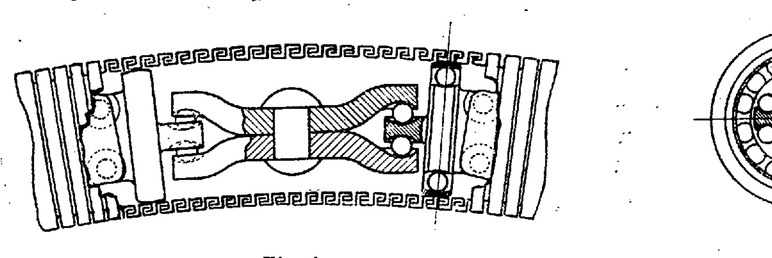


Fig. 4. Fig. 5.

portant extérieurement, de deux en deux, un roulement à billes. Cette série, introduite dans un tube métallique souple, fournit une transmission flexible très puissante par rapport à son diamètre et son poids, permettant de grandes vitesses, et à rendement presque parfait.

Ses éléments sont bruts de matriçage, sauf la portée intérieure des roulements. Sa construction est essentiellement économique.

ASTRONOMIE. — *Précisions nouvelles sur la loi exponentielle des distances des planètes et satellites.* Note de M. **Émile Belot**, présentée par M. Bigourdan.

J'ai fait connaître et démontré (*Comptes rendus*, t. 141, 1905, p. 173) une loi exponentielle de distribution en distance des planètes, applicable aussi à tous les satellites *dans la région directe de chaque système et dans son plan équatorial* (¹). La distance $x_n$ au centre du système dont C est la caractéristique est donnée par la formule

$$x_n = a + C^n \qquad (n = 1, 2, 3, \ldots). \tag{1}$$

On a fait diverses objections à cette loi : 1° sa grande précision; 2° l'obtention de distances ne correspondant pas à des astres observés, ce qui peut faciliter des coïncidences fortuites; 3° l'impossibilité de la démontrer en partant de la seule astronomie newtonienne.

La loi de Bode était une simple recette arithmétique non applicable aux satellites. La nouvelle loi partage sa précision avec toutes celles qui révèlent une vibration dans les phénomènes naturels; aucun physicien n'a

(¹) Ainsi que je l'ai montré dans mon *Essai de Cosmogonie tourbillonnaire*, p. 19.

jamais parlé de «coups de pouce» à propos de la loi de Balmer d'une extraordinaire précision dans l'application. La loi des distances résulte de la vibration produite dans un choc cosmique analogue à celui d'une Nova.

Sur 45 distances calculées par (1) dans les systèmes du Soleil, de Mars, Jupiter, Saturne et Uranus, il y a 15 distances seulement relatives à des astres non observés ou seulement soupçonnés. Sur 15 distances, 5 appartiennent au système planétaire (0,2888 — 0,2965 — 0,3111 — 0,33386 — 0,4878) et correspondent aux anneaux produisant la lumière zodiacale ou aux masses qui troublent les mouvements de Vénus, de Mercure et de la comète d'Encke, ayant donné lieu aux recherches de Le Verrier, Newcomb et Backlund. La nouvelle loi correspond si bien à la réalité que, trouvée quelques années plus tôt, elle aurait permis d'annoncer l'existence à sa vraie distance (2,53) du satellite V de Jupiter dont la découverte laissa d'abord incrédules quelques astronomes en France parce qu'elle ne cadrait pas avec la théorie de Laplace.

Que la démonstration de la loi des distances ne puisse s'obtenir par l'application des lois de Newton, cela n'a rien d'anormal : la formation des queues des comètes ne relève pas non plus de l'attraction; la pesanteur est toujours négligée et négligeable dans les tubes cathodiques où l'on étudie les trajectoires d'ions cependant pesants. Les vitesses initiales considérables dans les trajectoires balistiques les rendent dans une large mesure indépendantes de la pesanteur. Il a pu en être de même pour la matière cosmique animée à l'origine de vitesses énormes non dues à l'attraction des masses qui n'étaient pas condensées, mais à des chocs et aux radiations consécutives.

Le premier terme $a$ de la loi (1) a une signification précise : c'est le rayon du tourbillon générateur du système : mais que représente la caractéristique C? Comparons dans chaque système les C aux valeurs des masses M de chaque astre central en prenant comme unité leur rayon équatorial. Soit $d$ la densité et $1:\alpha$ l'aplatissement. La masse M est donnée par la formule

$$M = \frac{4}{3}\pi d\left(1 - \frac{1}{\alpha}\right). \tag{2}$$

Le Tableau suivant donne, en prenant les éléments de l'*Annuaire* 1916, le rapport $\rho$ de C à $M^{\frac{1}{3}}$ :

| Systèmes : | Planétaire. | Mars. | Jupiter. | Saturne. |
|---|---|---|---|---|
| C............... | 1,883 | 2,57 | 1,7176 | 1,311 |
| $\rho = C : M^{\frac{1}{3}}$....... | 1,039 | 1,023 | 0,983 | 0,970 |

On a négligé les éléments du système d'Uranus comme trop incertains. Bien que l'influence de la distance apparaisse encore dans les $\rho$, les valeurs de C sont sensiblement égales à $M^{\frac{1}{3}}$, et la loi (1) peut s'écrire :

$$(3) \qquad x_n = a + \rho^n M^{\frac{n}{3}}, \qquad 1,039 > \rho > 0,970.$$

Sous cette forme on voit nettement que la distance et l'écartement des satellites de même rang décroissent rapidement avec la densité $d$ de l'astre central. Leur nombre dans un intervalle donné est d'autant plus grand que la densité $d$ est plus faible : ainsi jusqu'à la distance 10, il y a 2 satellites pour Mars ($d = 3,8$), 4 pour Jupiter ($d = 1,36$), 8 pour Saturne ($d = 0,70$). Pour le premier satellite d'un système ($n = 1$) on pouvait prévoir la forme de (3); car pour une durée de révolution donnée, d'après la troisième loi de Képler, la distance est proportionnelle à $M^{\frac{1}{3}}$. Il en résulte que $a$ est aussi proportionnel à $M^{\frac{1}{3}}$. La formule (3) conduit à plusieurs conséquences intéressantes.

1° Pour un astre sphérique avec $\rho = 1$ et $M = 1$, on a

$$\frac{4}{3}\pi d = 1, \qquad \text{d'où} \qquad d = 0,24.$$

Ainsi tous les satellites d'un astre central de densité 0,24 seraient à la même distance du centre; réunis en un seul anneau à la distance $a + 1$. Il en serait de même pour un astre de densité 0,27 qui aurait l'aplatissement de Saturne.

Beaucoup d'étoiles doubles ont une densité inférieure à 0,24 : si elles ont des planètes, il est probable qu'elles sont réunies en un anneau à faible distance de centre; c'est parce que la densité de Saturne (0,70) est voisine de 0,27 qu'elle est la seule planète ayant des anneaux.

2° Les formules (2) et (3) permettent de trouver les distances des satellites de la Terre *mesurées dans son plan équatorial.*

La Lune, qui en est écartée angulairement de plus de 18°, l'aurait atteint vers la distance 70 (au lieu de 60,27).

Diverses considérations permettent de fixer $a$ pour la Terre à 0,35 et d'ailleurs la détermination de $a$ influe peu sur celle de C. On peut prendre $\rho = 1$ ou $\rho = 1,023$ comme pour Mars. On a ainsi pour la Terre deux valeurs possibles de C : $C_1 = 2,845$ et $C_2 = 2,911$. Dans les deux cas, il faut élever $C_1$ et $C_2$ à la *quatrième puissance* pour obtenir une distance voisine de 70 (65,8 par $C_1$ et 72,2 par $C_2$).

Ainsi *la Lune ne peut être que le quatrième satellite de la Terre* : car la loi exponentielle des distances qui s'applique très exactement à 30 planètes et satellites directs ne peut pas ne pas s'appliquer à la Lune. Les autres satellites de la Terre étaient vers les distances primitives 3,2 — 8,7 — 25 — dont les deux premières correspondent visiblement aux satellites de Mars, Phobos (2,77) et Deimos (6,95).

Dès lors des théories, comme celle de Darwin, faisant sortir la Lune de la Terre, se heurtent à la même impossibilité qu'il a rencontrée pour expliquer les satellites multiples de Jupiter, puisque la Lune n'a pas été le seul satellite terrestre; et d'autre part la disparition des zones satellitaires situées au-dessous de la Lune ne peut avoir eu lieu que par précipitation dans la région équatoriale où elles ont dû produire des phénomènes de la plus haute importance pour la structure de son écorce.

CHIMIE. — *Sur l'iode colloïdal.* Note de MM. **H. Bordier** et **G. Roy**, présentée par M. Armand Gautier.

L'un de nous a déjà indiqué ([1]) que certains caractères des solutions d'iode dans l'eau conduisent à admettre que l'iode s'y trouve à l'état colloïdal.

Il serait très difficile d'établir ce fait par expérience cryoscopique, car la solution obtenue en mettant l'iode en contact avec de l'eau pure (à l'abri de la lumière) ne contient, à 0°, que $0^g,165$ d'iode. L'abaissement à observer, si l'iode était à l'état moléculaire $I^2$, ne serait que de 0°,0012, c'est-à-dire de l'ordre des erreurs expérimentales de la cryoscopie de haute précision. Cependant, nous avons fait des expériences dans lesquelles l'abaissement a été nul ou n'a pas dépassé 0°,0005 ($\frac{1}{10}$ de division du thermomètre au $\frac{1}{200}$ de degré).

*L'examen ultramicroscopique*, plus simple et plus rapide, a été ensuite utilisé pour des recherches qualitatives. Si l'on examine une préparation d'eau pure dans laquelle on introduit quelques grains d'iode cristallisé, on ne tarde pas à voir de nombreuses particules brillantes, animées du mouvement brownien ([2]), mais elles se collent assez vite à la paroi du verre inférieur. Une solution fraîchement préparée d'iode dans l'eau montre aussi des particules mobiles.

---

([1]) *Comptes rendus*, t. 163, 1916, p. 205.

([2]) Expérience de l'un de nous (*Lyon médical*, juillet 1911, p. 174).

On peut obtenir des préparations aqueuses plus riches en iode, en versant quelques gouttes de teinture d'iode concentrée dans l'eau pure. La quantité d'iode soluble dans le mélange d'eau et d'alcool étant moindre que la somme des quantités qui seraient dissoutes dans chacun des liquides séparés, il y a précipitation de l'iode en grande partie sous forme de petits cristaux à section losangique, mais il y a aussi un grand nombre de particules mobiles, d'apparence granulaire, qui se déposent assez vite. En chauffant ce liquide quelques heures à 100° dans une ampoule fermée, on obtient une liqueur rouge brun foncée, montrant à l'ultramicroscope des particules mobiles nombreuses encore peu stables; après repos, il se forme un dépôt composé de particules assez grosses agglomérées. Il n'y a plus de cristaux.

La tendance de l'iode à prendre l'état colloïdal dans l'eau est donc évidente.

Nous avons cherché à stabiliser la pseudo-solution : pour cela nous avons essayé sans aucun succès l'acide phénique, l'acide sulfurique dilué, le tannin, le chlorure de sodium, le sulfate de soude, le camphre, le benzoate de soude, le sucre.

On obtient un bon résultat en ajoutant de la teinture d'iode concentrée à une solution de gélatine à 4 pour 1000; il se forme bien un précipité noir d'iode cristallisé, mais le liquide trouble, coloré en rouge brun, se maintient même après plusieurs jours de repos et montre à l'ultramicroscope des particules beaucoup plus nombreuses que dans les préparations à l'eau pure. Elles sont tout à fait analogues à celles des préparations classiques de gomme-gutte ou d'argent colloïdal. On s'est assuré d'autre part que la solution de gélatine, avant l'addition d'iode, ne montre aucun élément mobile: la gélatine en effet est, comme on sait, un colloïde amicronnien.

La quantité d'iode contenue dans cette pseudo-solution est bien supérieure à celle qu'on admet comme se dissolvant dans l'eau. Le colloïde gélatine-iode ainsi obtenu pourrait se classer parmi les colloïdes protégés.

Par exemple, à $12^g,534$ d'une solution de gélatine à 4 pour 1000 on a ajouté $0^g,9455$ de teinture d'iode concentrée, contenant $0^g,177$ d'iode par gramme. Un gramme de ce liquide contenait donc $0^g,004$ de gélatine, $0^g,058$ d'alcool (alcool à 7°), $0^g,9255$ d'eau et a reçu $0^g,0125$ d'iode. Après 24 heures de repos, l'analyse du liquide trouble par l'hyposulfite de soude et l'amidon a donné, à 20°, $0^g,00258$ d'iode par gramme de liquide. Une solution dans l'eau ne contient à cette température que $0^g,0003$ d'iode, soit environ dix fois moins.

Une pseudo-solution semblable chauffée pendant 3 heures à 100° dans une ampoule fermée, fournit un liquide rouge brun foncé, montrant des particules mobiles, grosses, peu nombreuses; elle contient $0^g,0062$ d'iode

par gramme, et le dépôt ne montre pas de cristaux d'iode. Une solution à 2 pour 1000 de gélatine additionnée de teinture d'iode ne donne pas de pseudo-solution stable; une solution de gélatine à 10 pour 1000, qui se prend en gelée à froid, ne contient après chauffage à 100° que très peu d'iode; sa teinte est jaune clair, et il n'y a pas de particules mobiles. Il n'y a donc pas proportionnalité entre la quantité d'iode retenue et la concentration en gélatine.

Enfin, en ajoutant à $1^{cm^3}$ de pseudo-solution dans la gélatine à 4 pour 1000 $1^{cm^3}$ de sulfure de carbone, on voit, après agitation, celui-ci se rassembler avec une belle teinte violette, le liquide supérieur à peine coloré ne contient plus aucune particule mobile visible à l'ultramicroscope. Cette expérience prouve en outre que l'iode n'est pas combiné à la gélatine.

La solution gélatinée à 4 pour 1000, sans iode, a été soumise dans un tube en U à une différence de potentiel de 62 volts pendant 1 heure; elle s'est nettement concentrée du côté de l'électrode négative, elle est donc chargée positivement. La pseudo-solution d'iode dans les mêmes conditions s'est déplacée du côté de l'électrode positive, la branche négative s'est complètement éclaircie sur une longueur de $2^{cm}$ en 15 minutes, les granules sont donc chargés négativement. L'iode dans l'eau pure se déplace dans le même sens.

L'examen du liquide clair montre encore quelques particules mobiles; le liquide coloré du côté positif contient quelques rares granules, mais surtout des cristaux d'iode en forme de spicules allongés. Dans un essai, où, par inadvertance, on avait ajouté à la pseudo-solution un peu d'hyposulfite de soude, le déplacement eut lieu dans le même sens, mais il se forma un coagulum rouge brun foncé montrant à l'ultra des amas de granules agglomérés n'ayant nullement l'aspect cristallin.

L'addition de gélatine chargée en sens contraire ne devait nullement stabiliser l'iode colloïdal, mais le coaguler. Nous sommes ainsi conduits à admettre que l'iode dans l'eau pure est bien à l'état colloïdal, mais sous forme de granules trop petits pour être vus à l'ultramicroscope (amicrons) et que la présence de la gélatine, dans des proportions convenables, a pour effet de faciliter la réunion de ces amicrons en particules plus grosses visibles à l'ultramicroscope. Dans l'expérience du transport électrique en présence d'une petite quantité d'hyposulfite de soude, la décharge n'a pas été complète et il y a eu simplement coagulation; avec la pseudo-solution pure, la décharge des particules a été complète et l'iode a repris sa forme cristalline.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Rôle catalytique du nitrate de potassium dans la fermentation alcoolique produite par le* Sterigmatocystis nigra. Note de M. **Molliard**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Comme tous les végétaux placés dans une atmosphère privée d'oxygène le *Sterigmatocystis nigra* décompose le sucre qui est mis à sa disposition et produit le phénomène de la fermentation alcoolique. Considérons tout d'abord une culture de la Mucédinée effectuée sur une solution nutritive où l'azote existe sous forme de chlorure d'ammonium (2 pour 1000) et dont la composition est la suivante :

| | |
|---|---|
| Eau distillée (quantité suffisante)...... | 500 |
| Saccharose.......................... | 25 |
| Chlorure d'ammonium................ | 1 |
| Sulfate de magnésium................ | 0,12 |
| Phosphate dipotassique.............. | 0,20 |
| Sulfate de fer...................... | 0,02 |
| Sulfate de zinc..................... | 0,02 |

La culture est réalisée dans un matras fermé à la lampe et communiquant avec un manomètre à air libre; les indications de celui-ci sont comparées à celles d'un appareil identique, mais non ensemencé; on constate que, lorsque tout l'oxygène est consommé, le mycélium cesse de se développer, mais qu'il continue à se dégager du gaz carbonique; on peut en apprécier le volume par l'augmentation de pression qui se produit dans le vase de culture.

C'est ainsi que pour un matras contenant $50^{cm^3}$ de liquide nutritif et $135^{cm^3}$ d'atmosphère, il s'est dégagé $15^{cm^3},7$ de gaz carbonique. La culture dont il est question a été laissée à la température du laboratoire et, le semis ayant été effectué le 28 juillet, la vie anaérobie a commencé le 1er août pour se poursuivre jusqu'au 15 août.

Considérons maintenant une culture du Champignon réalisée dans les mêmes conditions, mais en remplaçant le chlorure d'ammonium par de l'azotate de potassium à la même concentration de 2 pour 1000 (comme conséquence, le phosphate disodique a été substitué au phosphate dipotassique); la germination subit de ce fait un retard appréciable (au moins 24 heures) et le développement du mycélium est ralenti; mais, par contre, la vie anaérobie dure un mois environ de plus que dans le cas précédent; la quantité de gaz carbonique dégagé atteint $52^{cm^3}$.

Je me suis assuré qu'il ne s'agissait pas d'un phénomène de dénitrification; à la fin de l'expérience, on ne peut mettre en évidence dans le liquide la moindre trace de nitrite; l'ammoniaque y existe, mais à l'état de traces ($0^{mg},4$), et sa présence peut s'expliquer par une légère nécrobiose du mycélium. De plus, l'analyse directe du gaz contenu dans le vase lorsque tout dégagement a cessé concorde absolument avec la composition qu'on déduit du changement de pression, en supposant qu'il ne se produit qu'un simple dégagement de gaz carbonique, sans mise en liberté d'azote libre, de protoxyde ni de bioxyde d'azote.

On peut encore démontrer que c'est bien uniquement un dégagement de gaz carbonique qui a lieu en mettant l'atmosphère interne en relation avec de la lessive de potasse; la dénivellation progressive qui s'établit au début ne subit plus, quand tout l'oxygène a été utilisé, que les variations de la pression atmosphérique; sa valeur montre que l'atmosphère interne est alors formée par le seul azote initial; cela nous prouve aussi, chemin faisant, que l'azote libre n'est pas utilisé par le *Sterigmatocystis nigra*. Enfin, en analysant l'azote restant dans le liquide et lui ajoutant celui que contient le mycélium, on retrouve l'azote introduit.

Si l'on fait une culture dans un volume assez considérable ($500^{cm^3}$), on peut reconnaître la production d'alcool et constater que la teneur du liquide de cette substance (environ 0,37 pour 100 en volume) correspond bien au volume de gaz carbonique émis ainsi qu'à la quantité de sucre consommé pendant la vie anaérobie.

En présence de 2 pour 1000 de nitrate de potassium le *Sterigmatocystis nigra* produit donc une fermentation alcoolique 3,3 fois plus considérable qu'en présence de la même quantité de chlorure d'ammonium; cela ne tient pas du reste à un développement du mycélium plus considérable dans le premier cas que dans le second; pour une atmosphère de même volume, j'ai obtenu en effet $27^{mg}$ de substance sèche dans le premier cas et $30^{mg}$ dans le second; ce poids ne dépend, pour un volume suffisant de liquide nutritif, que de la quantité d'oxygène mise à la disposition de la Mucédinée.

Si l'on fournit au Champignon des doses variables de nitrate de potassium, on observe que la concentration optima est au voisinage de 4 pour 1000.

Les résultats que nous avons obtenus pour le *Sterigmatocystis nigra* sont de même ordre que ceux qui ont été signalés il y a quelques années par Fernbach et Lanzenberg (1) en ce qui concerne les Levures; ces auteurs

(1) *De l'action des nitrates dans la fermentation alcoolique* (*Comptes rendus*, t. 151, 1910, p. 727).

ont montré en effet qu'à la dose de 20 pour 1000 le nitrate de potassium accélère la fermentation, mais que la quantité finale d'alcool reste constante; nous venons de voir que, dans le cas du *Sterigmatocystis nigra*, le nitrate prolonge d'une façon très notable la fermentation alcoolique et augmente dans la même proportion le rendement en alcool; la dose optima de l'agent catalytique est d'ailleurs beaucoup plus faible que pour les Levures, 4 pour 1000 au lieu d'environ 50 pour 1000.

BOTANIQUE. — *Sur le développement et la structure du périthèce d'une Hypocréacée.* Note de M. F. VINCENS, présentée par M. L. Mangin.

Le développement et la structure du périthèce d'un *Melanospora* dont M. le professeur Mangin a bien voulu me confier l'étude présentent quelques particularités intéressantes que je me propose de faire connaître dans la présente Note.

L'ascogone est constitué par une cellule globuleuse portée par un pédoncule court de deux à trois cellules, il est multinucléé comme la plupart des cellules du thalle où l'on observe quatre éléments nucléaires rarement groupés en un noyau unique. Avant que l'ascogone se divise, les cellules du pédoncule émettent latéralement des rameaux courts qui s'appliquent sur lui et lui constituent rapidement une enveloppe ne comptant tout d'abord qu'une seule assise de cellules. D'autre part des filaments spiralés, nés sur les filaments mycéliens voisins, viennent s'accoler à l'ensemble ainsi constitué qu'ils entourent bientôt d'une deuxième enveloppe formée de plusieurs assises cellulaires. Souvent ces filaments recouvrants arrivent en contact avec l'ascogone avant que la première enveloppe soit entièrement constituée. Je n'ai cependant jamais observé le moindre enrichissement nucléaire de l'ascogone aux dépens d'une cellule de l'une ou de l'autre assise enveloppante.

Fréquemment, des filaments spiralés se forment isolément sur le mycélium, donnant naissance, sur leurs tours de spire, à des fructifications conidiennes du type *Spicaria*, analogues d'ailleurs à celles qui se forment directement sur le mycélium. De tels filaments nés au voisinage les uns des autres peuvent aussi se grouper et se souder en amas tuberculiformes présentant, à s'y méprendre, l'aspect extérieur de jeunes périthèces, mais restant stériles parce qu'ils n'emprisonnent aucun ascogone. Ce sont là des formations analogues à celles qui ont été déjà signalées sur le mycélium

de divers ascomycètes et dont on ne s'expliquait pas la stérilité parce qu'on prenait les filaments spiralés pour des ascogones.

Sous sa double enveloppe, l'ascogone ne tarde pas à se diviser et ses divisions successives aboutissent à la constitution d'un amas de petites cellules à contenu dense et *uninucléées*. Pendant la formation de ce tissu, la première assise enveloppante, celle qui est issue du pédoncule, multiplie abondamment ses cellules et constitue ainsi autour de lui et surtout au-dessus de lui un faux parenchyme de cellules multinucléées comme celles du thalle. Par suite de l'accroissement qui en résulte pour la masse interne, le tissu formé par les filaments enveloppants subit une poussée de dedans en dehors, les cellules de ses assises les plus voisines de cette masse s'aplatissent tangentiellement mais restent hyalines et à parois minces; les cellules des assises externes continuent à se multiplier, suivant ainsi la croissance du périthèce en même temps qu'elles brunissent et épaississent légèrement leurs parois.

A ce stade de son développement, le jeune périthèce contient donc les parties suivantes :

1° A l'intérieur, un tissu dense formé de cellules uninucléées provenant de l'ascogone; ce tissu forme un disque ou une calotte légèrement excentriques du côté de la base du périthèce.

2° Autour de ce tissu, mais plus développé au-dessus de lui, un pseudo-parenchyme issu des cellules du pédoncule de l'ascogone.

3° Enveloppant ce pseudo-parenchyme, deux à trois assises de cellules hyalines formant également un tissu pseudo-parenchymateux, mais n'ayant pas la même origine que le précédent puisqu'elles proviennent de filaments recouvrants produits par des filaments mycéliens distincts de celui qui porte l'ascogone.

4° Enfin, deux à trois assises de cellules protectrices à parois légèrement épaissies et colorées, provenant, comme les assises précédentes, des filaments spiralés recouvrants.

Plus tard on observe parfois, dans le tissu ascogène, deux cellules voisines dont la paroi commune se résorbe et dont les noyaux se fusionnent, mais, par suite de la compacité du tissu dont elles font partie, il m'est impossible de rien dire sur le degré de parenté de ces deux cellules; de plus, je ne saurais affirmer, d'après mes seules observations, que ces fusions constituent une amorce indispensable à la production des phénomènes qu'on observe ensuite dans le tissu ascogène.

Les cellules de ce dernier donnent parfois directement des asques, mais elles donnent plus souvent naissance à de courts arbuscules mycéliens, très condensés, à rameaux à peine distincts les uns des autres et dont les cellules

ultimes se transforment presque toujours en asques; quelques-unes cependant donnent naissance à des paraphyses constituées par de courts chapelets de cellules à contenu vacuolaire et multinucléées comme les cellules du faux parenchyme qui les surmonte. Ces paraphyses sont d'ailleurs rares.

Au fur et à mesure que les asques naissent et mûrissent, de nouveaux arbuscules se forment au-dessous d'elles, de telle sorte que le périthèce renferme à tout moment des asques à tous les états de développement. Pendant leur croissance, les asques se substituent peu à peu au faux tissu qui les surmonte et ainsi elles digèrent successivement le pseudo-parenchyme issu des cellules du pédoncule, puis les assises internes pseudo-parenchymateuses de l'enveloppe construite par les filaments recouvrants. Il existe donc dans le périthèce un tissu nourricier dont l'origine est double et dont les éléments d'origine différente restent continuellement distincts les uns des autres.

En même temps que ces phénomènes s'accomplissent, l'enveloppe, d'abord entièrement close, se soulève au pôle opposé à l'ascogone en un bouton conique de plus en plus saillant dont les cellules, qui paraissent être refoulées par une poussée interne et étirées par la croissance du cône, se dissocient suivant l'axe de ce cône où se constitue un canal étroit tapissé de poils hyalins en forme de massue. C'est par ce canal que seront émises les spores libérées dans le périthèce par suite de la diffluence précoce et totale de la paroi des asques.

Je n'insisterai point dans cette Note sur les phénomènes nucléaires qui se produisent dans l'asque, je me bornerai pour l'instant à indiquer que les divisions nucléaires mettant fréquemment en évidence huit chromosomes aboutissent à la formation de spores unicellulaires renfermant, soit deux noyaux, soit deux groupes de quatre chromosomes non fusionnés. A la germination, ces spores donnent deux tubes germinatifs dont chacun reçoit quatre chromosomes. Je n'insisterai pas davantage sur la cytologie du tissu ascogène; je constaterai cependant que la fusion entre deux noyaux provenant de cellules voisines mais primitivement distinctes dans ce tissu, constitue un fait non encore signalé chez les ascomycètes.

M'étant plus particulièrement attaché à l'étude de la structure du périthèce, je tiens surtout à faire remarquer que cette structure n'est pas exactement conforme à l'idée que l'on paraît généralement se faire du périthèce des *Pyrénomycètes*. Nous avons vu, en effet, que les asques naissent sur des arbuscules de cellules ascogènes, ce qui, malgré la condensation de ces arbuscules, rappelle le mode d'apparition des asques chez les *Plectascinales*.

Je montrerai prochainement que l'on retrouve cette structure, souvent avec encore plus de netteté, chez un certain nombre de Pyrénomycètes appartenant à des familles très différentes et si l'on songe que la classification actuelle des Pyrénomycètes, tout à fait artificielle, ne tient aucun compte des affinités, on comprendra l'intérêt des recherches dont je publie aujourd'hui les premiers résultats.

BOTANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur l'acclimatation en France d'une plante à tanin à croissance rapide, la* Canaigre. Note de M. **André Piédallu**, présentée par M. Costantin.

On sait quels désastres le déboisement peut produire en France. En dehors de la guerre même et des besoins de l'Armée, une des causes du déboisement intensif est la fabrication des extraits tannants de chêne et de châtaignier, plantes à croissance lente.

Pour alimenter les usines et donner satisfaction aux besoins de cette grande branche industrielle qu'est la tannerie, tout en garantissant nos forêts de la destruction qui les menace, il faut chercher des plantes tannifères à croissance rapide.

Plusieurs Polygonacées contiennent du tanin. La Canaigre est au nombre des plus riches. Elle contient dans ses tubercules jusqu'à 28 à 30 pour 100 de tanin. J'ai déjà parlé à la Société nationale d'Acclimatation de sa culture possible et intéressante pour la Corse et la France méridionale, jusqu'à la Loire. Cette Note est destinée à montrer qu'on peut la cultiver également dans la région parisienne et la partie septentrionale de la France.

La Canaigre (*Rumex hymenosepalum* Torr.) est une plante herbacée voisine de notre oseille. Elle est originaire du sud-ouest des États-Unis, de l'Arizona et des régions avoisinantes. Elle pousse en abondance à l'état sauvage dans des terrains sablonneux de régions à humidité modérée où la température moyenne ne dépasse pas 20° à 22° C. Elle vit bien à Cuba, dans le nord de l'Italie, au jardin d'essais d'Alger, ainsi qu'au Muséum de Paris où elle est protégée par un châssis pendant l'hiver.

C'est qu'en effet, dans ces derniers pays, cette plante a une végétation hivernale et printanière.

Au Muséum, sous verre, elle pousse en novembre pour faner aux premières fortes chaleurs, fin juin. C'est d'ailleurs l'époque de la récolte dans les pays où on la cultive.

La racine continue à vivre dans le sol. Elle mûrit ses réserves et pousse à nouveau aux premières pluies d'automne.

Ses tubercules ressemblent à ceux des Dahlias. Ils ont une résistance telle à la des-

siccation, que j'en ai vu bourgeonner après plusieurs mois d'exposition sur une table de laboratoire.

Normalement, ils peuvent vivre cinq années, mais on a avantage à les récolter tous les deux ans.

On ne pouvait jusqu'ici penser à cultiver cette plante dans le nord de la France à cause de l'hiver. Les expériences que je poursuis à Sèvres (Seine-et-Oise) depuis cinq ans semblent prouver que sa culture est parfaitement possible partout en France, puisque mon plant, sans protection, n'a pas gelé pendant l'hiver 1913-1914 par des températures de — 12° C. Les essais d'acclimatation de cette plante à la région parisienne ont été faits avec des tubercules provenant du plant protégé du Muséum.

La première année, les feuilles ont poussé dès l'automne pour geler aux froids un peu vifs, la repousse eut lieu au printemps.

Dès la seconde année, la pousse eut lieu seulement en février, mars, pour faner seulement après le 15 août.

Cette année j'ai fait un essai de rendement.

Dans une caisse garnie de terre fortement mélangée de cendres et scories de houille et d'anthracite pour ameublir, fumée avec du fumier de cheval, j'ai placé, un peu tard, en mars, un tubercule d'une année qui m'a donné, en fin août, onze autres tubercules d'une bonne venue qui bourgeonnent en cette saison.

Quatre faits sont intéressants à retenir de cette expérience :

1° La Canaigre se développe naturellement sous nos climats.

2° La végétation retardée, d'automnale devient printanière.

3° Elle résiste ainsi facilement aux froids de nos hivers.

4° Dans un sol meuble et nourri, elle paraît donner un rendement intéressant, même placée dans un endroit peu favorable par défaut de lumière et abondance de parasites.

Il y aurait lieu de faire des cultures en plein champ pour étudier le rendement pratique de cette plante et aussi d'étudier son rendement en tanin sous nos climats; c'est ce que je me propose de faire dès que les circonstances me le permettront.

ZOOLOGIE. — *Viviparité et parthénogenèse chez les Annélides polychètes : un nouveau Syllidien vivipare* (Ehlersia nepiotoca, *n. sp.*). Note de MM. **M. Caullery** et **F. Mesnil**, présentée par M. Henneguy.

1. La viviparité chez les Annélides polychètes est un phénomène tout à fait exceptionnel. En ayant découvert un exemple [1] en 1898, chez un

[1] Mesnil et Caullery, *Sur la viviparité d'une Annélide polychète* (*Comptes rendus*, t. 127, 1898, p. 486-489).

Cirratulien, *Dodecaceria concharum* Oerst. (forme A), nous avons fait une revue critique des cas précédemment signalés [1] et nous avons conclu à les classer en deux groupes : 1° viviparité occasionnelle avec hermaphrodisme (Néréidiens, Serpuliens); 2° viviparité probablement normale et avec parthénogenèse (Cirratuliens, Syllidiens).

Nos observations sur *Dodecaceria*, faites sur un très grand nombre d'individus, nous ont conduits à voir dans sa viviparité, chez la forme A, un phénomène normal et ne pouvant se concevoir qu'avec parthénogenèse.

Pour le cas des Syllidiens, la viviparité de *Syllis vivipara*, alors encore contestée, a été ensuite définitivement établie, dans les conditions où Krohn l'avait décrite, par les observations de Ferronnière, de Goodrich et de A. Michel [2]. Ces deux derniers auteurs ont eu sous les yeux, l'un 20, l'autre 14 individus, tous vivipares et sans trace de spermatogenèse. La parthénogenèse et le caractère normal de la viviparité chez ce Syllidien sont donc tout à fait vraisemblables.

Rappelons encore que Monticelli, qui a découvert la reproduction sexuée des *Ctenodrilus* [3], a constaté qu'elle avait lieu avec viviparité, liée, d'après lui, à l'hermaphrodisme probablement et à l'autofécondation.

2. En septembre dernier, nous avons observé la viviparité, dans des conditions semblables à celles de *Syllis vivipara*, chez un des nombreux Syllidiens vivant dans les mares à *Lithothamnion* de la Hague (anse Saint-Martin). Il s'agit encore d'une *Syllis*, mais nettement différente des espèces vivipares connues, *S. vivipara* Krohn et *S. incisa* Fab., qui appartiennent au sous-genre *Typosyllis*. La nôtre rentre dans le sous-genre *Ehlersia*, caractérisé par le dimorphisme des soies et y fait partie du même groupe de formes que *E. cornuta* Rathke, *E. sexoculata* Ehl., *E. nitida* Verrill, etc., groupe caractérisé, dès le premier sétigère, par ses soies anormales composées, à serpe terminale très longue et fine.

L'*Ehlersia* de la Hague se différencie morphologiquement par sa petite taille (5mm à 6mm sur 0mm,5 après fixation), par le petit nombre de ses segments (35 à 47), par ses antennes et cirres pauciarticulés (nombre moyen d'articles 10, dépassé seulement pour l'antenne impaire et les cirres du

(1) Caullery et Mesnil, *Les formes épitoques et l'évolution des Cirratuliens* (*Ann. Univ. Lyon*, fasc. 39, 1898, 3e Partie, Chap. V, p. 178-183).

(2) Ferronnière, *Bull. Soc. Sc. nat. Ouest France*, t. 9, 1899, p. xxv, et 2e série, t. 9, 1909, p. vi-viii. — Goodrich, *Journ. Linnæan Soc. London : Zoology*, t. 28, 1900, p. 105-108. — Michel, *Comptes rendus*, t. 147, 1908, p. 1423.

(3) *Congr. Natural. ital., Milano*, 1906, et *Archivio zoologico*, t. 4, 1910, p. 401.

premier et parfois du quatrième sétigère). Nous en ferons ailleurs une étude détaillée. Nous la considérons, pour le moment, comme une espèce nouvelle et distincte, que nous nommerons *Ehlersia nepiotoca* n. sp. ([1]).

Nous en avons rencontré six individus, renfermant, dans le cœlome, des jeunes à divers stades du développement, au nombre d'une dizaine. Les plus âgés avaient 13 sétigères et étaient complètement différenciés dans tous leurs organes, externes ou internes (parapodes, tube digestif, proventricule, etc.). Ils sortent donc de l'organisme maternel, comme chez *S. vivipara*, à un stade très avancé et sont produits en petit nombre. Parmi les nombreux Syllidiens du même habitat, nous n'en avons trouvé, à cette période de l'année, aucun qui puisse être considéré comme le mâle de l'espèce. On se trouve donc, par les observations précises de Goodrich, de Michel et de nous-mêmes, en les groupant, comme il est logique, tant chez *S. vivipara* que chez *E. nepiotoca*, en présence de 40 femelles, sans qu'on ait vu aucun mâle ni constaté trace d'hermaphrodisme. Il est donc de plus en plus probable que la viviparité de ces Syllidiens, comme celle de *Dodecaceria*, est d'ordre parthénogénétique.

Il faut noter en outre l'évolution toute spéciale de l'ovaire de ces Syllidiens vivipares, un très petit nombre d'ovules se formant à la fois, à la différence des types ordinaires.

3. La question se pose de savoir si ces Syllidiens vivipares sont des espèces réellement autonomes, n'existant et ne se propageant que sous cette forme ou bien s'ils ne représentent qu'une phase plus ou moins prolongée d'un cycle se terminant par une forme ovipare et bisexuée.

Déjà, en 1898, pour *Dodecaceria,* nous avons indiqué la possibilité que les individus vivipares se transforment finalement en la forme *C*, épitoque, ovipare et plus grande.

Tous les auteurs qui ont observé *S. vivipara,* insistent sur son étroite ressemblance morphologique avec *S. prolifera*. De même, *E. nepiotoca* diffère peu de *E. sexoculata* qui est plus grande, certainement ovipare et schizogame. En somme les formes vivipares se rapprochent énormément de certaines espèces ovipares. Peut-être se transforment-elles régulièrement ou dans des conditions déterminées, en individus ovipares et schizogames. Ferronnière, en particulier, a soupçonné une transformation de ce genre, sous l'influence des facteurs extérieurs, pour la *S. vivipara* qu'il a rencontrée au Croisic, à côté de *S. prolifera*. Alors la viviparité de cette

---

([1]) De νηπίος, jeune, et τόκος. Ce nom rappelle la viviparité. Le nom *vivipara* ne peut être employé, étant déjà appliqué à une autre espèce du genre *Syllis*.

espèce ne serait pas un processus normal, mais dépendant des circonstances; nous ne croyons guère cette dernière hypothèse vraisemblable.

Nous inclinerions plutôt aujourd'hui à concevoir la signification de ces formes parthénogénétiques et vivipares d'une façon que nous avions déjà suggérée en 1898 (*loc. cit.*, p. 182, note) et que nous allons préciser.

Les *Syllis* vivipares, peut-être aussi les *Dodecaceria*, seraient un cas de parthénogenèse cyclique pædogénétique, équivalent à celui qui est bien connu maintenant chez certaines larves de Cécidomyies (*Miastor*, etc.). On sait que ces Diptères se propagent, pendant une série de générations, à l'état larvaire, par parthénogenèse et viviparité, jusqu'à ce que, en vertu d'un déterminisme encore mal connu, une génération finale de larves se transforme, sans s'être préalablement reproduite, en insectes parfaits, femelles ovipares ou mâles. Les larves vivipares ne sont donc pas des espèces distinctes, autonomes, mais une forme particulière d'un cycle où, comme dans la généralité des cas de parthénogenèse, ce mode de multiplication alterne avec la reproduction bisexuée. Il y a, pour qui a observé les phénomènes chez les *Syllis* et les Cécidomyies, des analogies d'allure frappantes.

Dans cette hypothèse, les *Syllis* vivipares se rattacheraient à d'autres formes se reproduisant normalement. Elles se propageraient pendant une série plus ou moins longue de générations, par parthénogenèse et viviparité, à un stade de jeunesse (pædogenèse) indiqué par leur petit nombre de segments, et finiraient, suivant un déterminisme à préciser, par donner la forme parfaite ovipare et bisexuée de l'espèce. Des cultures de ces *Syllis* vivipares en aquarium, que nous ne pouvons pas réaliser en ce moment, permettraient vraisemblablement la vérification de cette hypothèse.

MÉDECINE. — *L'entérite, panne nerveuse.* Note de M. **Pierre Bonnier**, présentée par M. Ed. Perrier.

Comme chez le nourrisson, l'entérite de l'adulte doit être considérée comme une *panne* des centres nerveux bulbaires qui règlent les fonctions digestives (motrices, sensitives, sécrétoires, diaphylactiques). Des milliers d'expérimentations, poursuivies systématiquement par moi depuis neuf ans, et qui ont fait l'objet de multiples publications, montrent que tous les troubles digestifs, quels qu'ils soient, disparaissent souvent presque instantanément, si l'on parvient à solliciter physiologiquement ces centres bulbaires digestifs, au moyen de légères galvanocautérisations de la muqueuse nasale,

par l'intermédiaire des filets du nerf trijumeau aboutissant dans le bulbe au niveau de ces centres.

On peut, chez le nourrisson, faire disparaître la panne digestive aussi facilement que la panne respiratoire à la naissance. Des millions de nouveau-nés seront sauvés de cette cause si fréquente de destruction quand le corps médical comprendra le parallélisme de ces deux pannes bulbaires, et traitera la seconde comme on traite la première depuis qu'il naît des enfants.

Depuis la guerre, les privations, le malmenage digestif, le froid, et par-dessus tout l'anxiété, que connaissent les plus braves, mettent bon nombre d'activités nerveuses en équilibre instable, et la panne digestive n'a guère d'autre cause chez nos soldats. Le traumatisme lui-même trouve facilement un terrain propice à la provocation de grands désarrois fonctionnels, lesquels, grâce au mécanisme de l'épistasie, persistent longtemps après la disparition du choc qui leur a donné naissance. Ici encore, quand cette méthode physiologique sera comprise et appliquée, on récupérera aisément des milliers de soldats qui traînent dans les hôpitaux, depuis de longs mois, des entérites dont le traitement ordinaire ne peut avoir raison.

Quand il s'agit d'éveiller ou de réveiller des centres bulbaires, il faut observer que, pour des fonctions qui mettent en œuvre la motricité dite volontaire et les muscles striés, comme pour l'acte respiratoire, comme pour les phénomènes paratoniques, contractures, qui suivent les blessures de guerre, la sollicitation centripète peut, dans une prudente mesure, être vive, brutale, comme dans la flagellation du visage chez le nouveau-né ou le chloroformé qui asphyxient, ou dans le *torpillage* électrique des contracturés traumatiques. Mais s'il s'agit de rendre leur équilibre fonctionnel à des centres viscéraux, moteur à fibres lisses, sécrétoires, diaphylactiques, surtout quand il y a anxiété, l'expérience montre au contraire qu'il faut rechercher la plus délicate sollicitation, à peine sentie. La manière forte, l'attaque brusquée ne valent rien pour rendre l'équilibre à un centre physiologiquement luxé, en épistasie, et tout ce qui ressemble à un torpillage sera plutôt dangereux, ne supprimant aucun trouble, pouvant l'exagérer ou en susciter d'autres.

A 16 heures trois quarts l'Académie se forme en Comité secret.

# COMITÉ SECRET.

## LES LABORATOIRES NATIONAUX DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE.

(Rapport de la Commission d'action extérieure de l'Académie des Sciences : MM. Jordan, *président ;* Lippmann, Émile Picard, d'Arsonval, Haller, A. Lacroix, Tisserand ; Le Chatelier, *rapporteur.*)

Toutes les grandes nations industrielles, à l'exception de la France, possèdent des laboratoires nationaux de recherche scientifique systématiquement orientés vers l'étude des problèmes techniques; ces laboratoires ont exercé une action féconde sur le développement économique de nos concurrents. En Angleterre, le National Physical Laboratory, créé sur l'initiative du professeur Glazebrook, son directeur actuel, de lord Rayleigh, de Sir Robert Hadfield et placé sous le contrôle de la Société royale de Londres, a pris rapidement un grand développement. En outre, depuis la guerre, le Parlement a voté une subvention annuelle dépassant 1 million de francs pour les encouragements à la recherche scientifique. Aux États-Unis, le Bureau of Standards dispose de crédits plus considérables encore. D'autre part, le Ministère de l'Agriculture, à Washington, et les divers États consacrent annuellement près de 20 millions à l'entretien de laboratoires et de stations expérimentales travaillant à des recherches de science agricole. Enfin la fameuse Institution Carnegie, fondée au capital de 100 millions, a créé des centres d'étude devenus célèbres par la publication de travaux scientifiques de tout premier ordre. En Allemagne, le Physikalische Reichsanstalt a été organisé sous l'impulsion de Werner Siemens; plus récemment, le Technische Reichsanstalt a pris une situation considérable sous la direction du professeur Martens; aujourd'hui enfin, la Wilhelm Gesellschaft fonde de nombreux Instituts de recherche, grâce à une subvention de 30 millions versée à l'empereur par les grands industriels allemands.

La France ne peut pas continuer à se désintéresser de ce mouvement scientifique. Dans le passé, elle a pendant longtemps gardé l'initiative de toutes les études tendant à appliquer les découvertes scientifiques au progrès de l'industrie. Faut-il rappeler les travaux de Vicat sur les ciments,

point de départ de l'industrie des produits hydrauliques dans le monde entier; les recherches de céramique inaugurées par Brongniart à la Manufacture de Sèvres et si brillamment continuées par Salvetat, Ebelmen et Vogt; les études de Regnault sur les propriétés de la vapeur d'eau, titre de gloire inoubliable pour les laboratoires du Collège de France ou encore les travaux de science agronomique effectués au Conservatoire des Arts et Métiers par Boussingault et Schlœsing. Dans l'industrie privée, le laboratoire de la Compagnie parisienne du Gaz, créé sur les indications de Regnault, et dirigé successivement par Audoin et Émile Sainte-Claire Deville, nous a longtemps maintenus à la tête de tout progrès dans l'éclairage au gaz. Les recherches sur les alliages métalliques, dirigées et subventionnées par la Société d'Encouragement à l'Industrie nationale, sont partout citées avec honneur. Mais, aujourd'hui, tous ces centres de recherche sont en sommeil.

Des savants isolés continuent certainement à s'intéresser aux recherches de science industrielle : les travaux de MM. Mesnager, Rabut sur le ciment armé, de MM. le duc de Guiche, Eiffel sur la résistance de l'air, Frémont sur les machines-outils, etc. font grand honneur à la France, mais ce sont des initiatives individuelles; elles s'exercent en dehors de toute organisation permanente assurant la continuité des recherches et cesseront lors de la disparition de leurs auteurs.

Le rôle prépondérant des sciences expérimentales dans le développement de l'Industrie est aujourd'hui un fait hors de discussion. Sans l'intervention directe de la Science, il faut se contenter de copier ses voisins et d'entretenir une industrie languissante. La plupart des progrès si rapides de ces cinquante dernières années sont dus à l'emploi des méthodes scientifiques de travail. Le laboratoire est devenu un des organes les plus indispensables de l'usine moderne. Faute de l'avoir compris, nous nous sommes dans le passé laissé devancer par nos concurrents étrangers. Puisse cette leçon ne pas être perdue. Après la guerre nos industriels voudront certainement rattraper le temps perdu. Mais les laboratoires d'usine ne suffisent pas; de nombreux problèmes nécessitent pour leur étude des installations plus complètes. Les laboratoires nationaux doivent répondre à ce desideratum. L'emploi de la méthode expérimentale demande souvent l'usage de procédés de mesure perfectionnés et très délicats, difficiles à introduire dans les usines particulières. D'autre part, les dépenses relatives à certaines questions d'intérêt général doivent légitimement être supportées par l'ensemble des contribuables.

Enfin, l'absence d'organisations consacrées à l'étude des problèmes d'intérêt général nous a souvent mis vis-à-vis de l'étranger dans un état d'infériorité regrettable. En 1908, lors de la Conférence de Londres instituée en vue de la revision des étalons électriques, la France faillit être écartée des recherches internationales projetées, faute d'avoir un laboratoire national autorisé pour collaborer à ces études. Il fallut attribuer au Laboratoire de la Société internationale des Électriciens un caractère gouvernemental fictif, pour lui permettre de nous représenter utilement.

Pour la même raison, beaucoup de méthodes de mesure employées dans nos laboratoires d'essais sont d'origine étrangère. Les essais de ciment se font avec la briquette Michaëlis (Allemagne), avec la sonde Tetmajer (Hongrie), etc. On a récemment adopté, à la suite d'une entente internationale, un procédé d'essai des métaux, dit *des barreaux entaillés*, d'origine exclusivement française; mais son adoption a été votée au Congrès de Copenhague, sur le rapport d'un des directeurs des établissements Krupp, rapport présenté au nom d'une Commission d'ingénieurs allemands et appuyé sur des expériences faites au laboratoire de Gross Lichterfeld. Nous n'avions pas eu le moyen de mettre nous-mêmes cette question au point.

L'étude des procédés de mesure servant aux essais des matériaux et des machines, le choix des grandeurs à mesurer pour définir les qualités des matériaux appartiennent aux laboratoires nationaux; cette fonction leur est dévolue dans tous les pays étrangers. Pour étudier utilement ces méthodes de mesure, très improprement appelées *méthodes d'essai* (ce terme est une réminiscence de l'empirisme et de l'alchimie des siècles passés), il faut avoir l'occasion d'exécuter assez fréquemment ces essais et bien en posséder la pratique. Cependant leur réalisation habituelle n'est pas une fonction essentielle des laboratoires nationaux. Les essais courants doivent normalement être faits dans les laboratoires d'usine ou dans des laboratoires particuliers. En cas de désaccord, il appartient aux laboratoires nationaux de départager les laboratoires privés. Jamais cependant les dépenses de ces études, faites au profit d'intérêts particuliers, ne doivent être supportées par les contribuables. Au National Physical Laboratory, toutes les recherches privées sont taxées à un chiffre supérieur de 50 pour 100 aux dépenses réellement occasionnées et cet excédent de recettes est appliqué à des recherches d'intérêt général.

La fonction essentielle des laboratoires nationaux est de se livrer à des recherches scientifiques d'intérêt général pour l'industrie, mais ne pouvant pas rapporter de bénéfice immédiat, ou encore à des recherches intéres-

sant un grand nombre d'établissements industriels distincts, la réalisation parallèle des mêmes recherches dans toutes les usines devant entraîner des dépenses inutiles. Comme exemple de recherches d'intérêt général, à réalisations lointaines, on peut mentionner les études sur la constitution des métaux et alliages poursuivies très activement aujourd'hui dans les trois grands laboratoires de Londres, Washington et Berlin; les recherches sur la constitution des ciments hydrauliques poursuivies à Washington et à Berlin. La connaissance plus complète de ces matériaux, d'un usage si fréquent, est certainement avantageuse à l'industrie en général, sans se traduire pour cela par la découverte de nouveaux produits vendables. Il en est de même des recherches poursuivies dans différents laboratoires de l'Institution Carnegie, par exemple celles du Geophysical Laboratory, sur la constitution des silicates de l'écorce terrestre et des laitiers industriels, ou celles du Nutrition Laboratory, sur l'alimentation des êtres vivants, etc.

Parmi les recherches d'une application plus immédiate, intéressant à la fois un grand nombre d'établissements similaires, on peut mentionner les études effectuées au laboratoire anglais sur les outils en acier à coupe rapide, sur les propriétés et la fabrication des alliages légers d'aluminium, sur les meilleures formes des carènes de navires de commerce, sur les toiles et enduits servant à la construction des aéroplanes et des ballons, etc.

Le laboratoire de Londres, et certainement aussi celui de Berlin, mais nous manquons de renseignements sur les travaux récents de ce dernier, ont rendu depuis le commencement de la guerre des services inappréciables à leur pays. Le laboratoire de Londres, indépendamment d'études encore tenues secrètes, a mis au point la fabrication de la verrerie de laboratoire, généralement importée d'Allemagne avant la guerre ; il a précisé les dimensions des canalisations nécessaires sur les navires de guerre pour la circulation des différents pétroles employés au chauffage des chaudières; il l'a fait par des mesures de grande précision sur les coefficients de viscosité des divers carbures d'hydrogène et sur leur variation en fonction de la température ; il a étudié les appareils d'optique employés pour le réglage du tir de l'artillerie, etc. Il est malheureusement trop facile au contraire de montrer les inconvénients graves occasionnés chez nous par l'absence d'une organisation semblable. Nous en sommes encore à chercher comment faire étudier la verrerie de laboratoire fabriquée en France. De ce fait nos industriels se trouvent en retard de plus d'un an sur leurs concurrents anglais. Pour le réglage de nos fours céramiques, nous employions des montres, dites de Seger, fabriquées en Allemagne et étalonnées dans les

laboratoires de ce pays. Nous pourrions en fabriquer, mais nous ne savons où les faire étalonner. De même pour les produits réfractaires et surtout les briques de silice. Nous les faisions venir, pour la majeure partie, de l'étranger et aujourd'hui, faute d'une installation pour en contrôler les propriétés, nous n'arrivons pas à mettre notre fabrication au point. Bien d'autres exemples intéressant plus directement la défense nationale doivent pour le moment être passés sous silence.

Les recherches poursuivies dans ces laboratoires nationaux diffèrent complètement de celles des laboratoires scientifiques proprement dits. Elles ne visent pas à découvrir des faits nouveaux, mais à préciser par des mesures multiples des faits connus d'une façon seulement qualitative. La fabrication des montres Seger, par exemple, n'exige aucune découverte; on connaît depuis longtemps le fait de l'abaissement du point de fusion du kaolin par l'addition de bases alcalines ou alcalino-terreuses. Il faut seulement déterminer, par des mesures très précises, le nombre de degrés correspondant à des additions déterminées de fondant. Ce sont là des expériences fastidieuses, demandant la répétition des mêmes mesures sur des mélanges de composition progressivement variables. Les savants indépendants, travaillant dans leurs laboratoires personnels, ne se consacrent pas volontiers à des recherches semblables. Elles n'en sont pas moins de première importance. Les laboratoires organisés pour leur réalisation rendent à l'industrie et même à la science des services égaux, parfois supérieurs à ceux des laboratoires orientés vers la seule découverte des faits nouveaux. En tout cas les domaines propres à ces deux catégories de laboratoires sont entièrement distincts.

L'étude des détails d'organisation des laboratoires de recherche a une grande importance pour en assurer le bon rendement. Le personnel doit avant tout être rompu aux méthodes scientifiques de travail. Cela est indispensable du moment où le but essentiel de ces laboratoires est d'appliquer aux problèmes de la pratique les ressources les plus complètes de la Science. On pourrait être tenté d'attribuer aux connaissances techniques une importance égale à celle des connaissances scientifiques, de placer sur le même rang l'ingénieur praticien et le savant de métier. Ce serait là une erreur complète. Un savant peut très rapidement s'assimiler les connaissances pratiques utiles, mais la réciproque n'est pas vraie. Un ingénieur d'usine arrivera difficilement, et peut-être jamais, à s'assimiler l'usage des méthodes précises de mesure, s'il n'en a pas fait une étude approfondie dès sa jeunesse. L'exemple des laboratoires étrangers est là pour le prouver; le

cas du National Laboratory de Londres est à ce point de vue tout à fait topique. Son directeur, le professeur Glazebrook, est un professeur de Physique connu par des travaux d'optique théorique; le Conseil de ce laboratoire est composé pour moitié de membres de la Société royale de Londres et il est présidé par le président de la Société royale, c'est-à-dire depuis la fondation du laboratoire par Lord Rayleigh, Sir Archibald Geikie, Sir William Crookes et aujourd'hui par J.-J. Thomson. Malgré cette orientation exclusivement scientifique, ce laboratoire a su gagner complètement la confiance des industriels. Ceux-ci n'hésitent pas à le charger à l'occasion de la mise au point de procédés de fabrication; cela sort pourtant un peu des attributions normales d'un laboratoire de recherche scientifique.

Pour la direction efficace d'un semblable laboratoire il faut, à des connaissances scientifiques très étendues, joindre une forte dose de bon sens. Des influences puissantes tendent en effet constamment à détourner l'attention des problèmes les plus importants. Chaque savant, directeur ou chef de service, a ses préférences personnelles, et il lui faut résister à la tentation de sacrifier l'intérêt général à son point de vue particulier. Les industriels, d'autre part, recommandent trop souvent des recherches d'un intérêt douteux ou présentant des difficultés insurmontables de réalisation. Un laboratoire national de recherche a constamment à se défendre contre ces influences perturbatrices ; son succès dépend avant tout du choix des questions mises à l'étude. Il n'est pas possible d'autre part de chercher à éviter ces difficultés en délimitant rigoureusement à l'avance le champ d'activité du laboratoire, car son programme dépend nécessairement de conditions tous les jours variables. Lors de la création du National Laboratory, personne ne pouvait prévoir son rôle capital en temps de guerre.

En dehors du choix du personnel, un second détail d'organisation également important est la division du laboratoire en services distincts. Sur ce point, il est plus difficile encore de formuler des prescriptions générales; il faut dans une large mesure tenir compte de conditions extérieures au laboratoire. Un premier point à trancher est celui de la répartition de l'ensemble des recherches de science industrielle; faut-il les grouper dans un seul établissement ou les diviser entre une série de laboratoires indépendants? C'est aujourd'hui un usage général de séparer les laboratoires de science agronomique de ceux de science industrielle proprement dite. Peut-être y aurait-il lieu de prévoir un troisième laboratoire consacré aux industries chimiques, surtout aux industries organiques. L'industrie du papier, par exemple, est rattachée tantôt au laboratoire de mécanique (Allemagne),

tantôt au laboratoire d'agriculture (États-Unis). En Allemagne, les sciences industrielles proprement dites ont deux laboratoires : le Technische Reichsanstalt chargé des industries mécaniques et de certaines industries chimiques (métallurgie, ciments et papier); le Physikalische Reichsanstalt s'occupant des études relatives à l'électricité, la chaleur et l'optique.

Dans chaque laboratoire, il y a lieu de prévoir en outre des divisions intérieures. On séparera les sciences nécessitant l'usage d'appareils de mesure tout à fait distincts. Le maniement de ces divers appareils ne peut pas être également familier à chaque savant ou opérateur du laboratoire. On a ainsi les cinq sections de métrologie, mécanique, électricité, optique et chaleur. On pourrait même isoler l'une ou l'autre de ces sections pour en faire des laboratoires distincts; certaines situations de fait peuvent justifier cette mesure.

Cette division théorique par catégorie de science n'est jamais complètement respectée dans la pratique; on se trouve généralement conduit à créer des sections spéciales correspondant non plus à une science élémentaire déterminée, mais à une technique particulière, nécessitant pour son étude complète l'emploi simultané de différentes méthodes de mesure. Dans tous les pays étrangers, il y a une section de métallurgie; il y a parfois aussi, comme en Allemagne, une section des ciments et une section des papiers, ou, comme en Angleterre, une section pour l'étude des carènes de navires. Enfin, certaines vérifications exécutées par grande quantité à la fois, comme celles des alcoomètres, des thermomètres médicaux, seront groupées, avantageusement au point de vue de l'organisation du travail et de l'économie de la main-d'œuvre, en subdivisions spéciales de telle ou telle section. Mais toutes ces sections et subdivisions supplémentaires doivent être créées seulement au fur et à mesure des besoins reconnus.

Les considérations précédentes montrent la nécessité urgente de créer en France un laboratoire national de recherche scientifique.

En se bornant actuellement aux recherches de Physique et de Mécanique, ce laboratoire pourrait être placé sous le contrôle de l'Académie des Sciences, comme le National Physical Laboratory est placé sous le contrôle de la Royal Society. Ces deux institutions comptent dans leurs membres des savants d'origine très diverse et des compétences variées. Ainsi serait réalisé le désir si souvent formulé d'une alliance étroite entre la science et l'industrie. L'Académie ne peut manifestement diriger elle-même une telle institution. La direction en serait confiée à un Conseil composé de membres nommés par l'Académie des Sciences, de représen-

tants des divers ministères et de délégués des grands syndicats industriels. Un Comité technique, peu nombreux, serait chargé de contrôler l'activité du laboratoire, de choisir les sujets d'études et d'arrêter les propositions relatives au recrutement du personnel. Un projet sommaire annexé à ce rapport précise le mode de fonctionnement du laboratoire et de nomination du personnel.

Après discussion de ce rapport, le vœu suivant a été voté à l'unanimité :

« *L'Académie des Sciences, convaincue de la nécessite d'organiser en France, d'une manière systématique, certaines recherches scientifiques, émet le vœu de voir créer un Laboratoire national de Physique et de Mécanique, chargé spécialement de poursuivre des recherches scientifiques utiles au progrès de l'industrie.*

» *Comme cela existe dans d'autres pays, ce Laboratoire serait placé sous la direction et le contrôle de l'Académie des Sciences.* »

La séance est levée à 18 heures.

A. Lx.

---

## *ERRATA.*

(Séance du 23 octobre 1916.)

Note de M. *G. Humbert*, Sur quelques fonctions numériques remarquables :

Page 417, ligne 7, *au lieu de* $H(a-z)$, *lire* $H(z-a)$.
» ligne 13, » $\varphi_1(a)$, » $\frac{1}{2}\varphi_1(a)$.
» ligne 14, » $\varphi_2(a)$, » $\frac{1}{2}\varphi_2(a)$.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 20 NOVEMBRE 1916.

PRÉSIDENCE DE M. CAMILLE JORDAN.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

### THÉRAPEUTIQUE. — *De l'emploi alternant des antiseptiques.* Note de M. CHARLES RICHET.

I. J'ai montré que des organismes microbiens (ferment lactique) se développant dans des solutions anormales, c'est-à-dire des solutions qui contiennent certaines faibles proportions d'un corps toxique, s'accoutument très vite, parfois en 24 heures, à la substance inhabituelle qui leur est imposée. Si on les ensemence plusieurs jours de suite dans ce même milieu, légèrement toxique, pour peu que la concentration du poison ne soit pas trop forte, ils s'y habituent (1).

Donc il y a accoutumance des microbes au poison, et cette accoutumance est si marquée qu'avec certaines substances, comme l'arséniate de potasse et le nitrate de thallium, l'activité est cinq à six fois plus forte pour le ferment accoutumé que pour le ferment non accoutumé. En général, la différence est un peu moindre; mais aux nombreuses substances que j'ai essayées, toujours l'accoutumance se manifeste; et l'activité est deux fois plus grande pour le ferment accoutumé. Je n'ai pas encore rencontré d'exception.

Par conséquent nous devons admettre que cette accoutumance aux poisons s'applique aussi aux antiseptiques, qui sont des poisons pour les microbes, et que, lorsque tels ou tels microbes végètent dans une plaie infectée, ils finissent par tolérer des concentrations auxquelles ils n'eussent

(1) *L'accoutumance héréditaire aux toxiques dans les organismes inférieurs* (*Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 764-770).

pas résisté s'ils n'avaient pas, par une adaptation héréditaire, fini par acquérir une relative immunité contre la substance toxique à l'action de laquelle on les a soumis.

II. Or il semble que les chirurgiens se préoccupent peu de cette adaptation progressive des microrganismes à la solution antiseptique. Car le plus souvent les chirurgiens se servent, pour laver et irriguer les plaies, de l'antiseptique auquel ils ont donné la préférence, et qui alors varie avec chaque chirurgien. Celui-là emploie l'hypochlorite de soude; cet autre, l'eau oxygénée; cet autre, le sublimé; cet autre, le permanganate de potasse. Mais c'est toujours, dans tel ou tel service de chirurgie, le même antiseptique qui est constamment employé.

Certes je n'ai pas la prétention de discuter ici les inconvénients ou les avantages de chacun de ces excellents germicides, tous recommandables. Aussi bien est-ce là une question de clinique thérapeutique, et non de théorie. Mais ce qui me paraît certain, c'est que l'emploi d'un même et unique antiseptique, si parfait qu'il soit, quand il est répété pendant des semaines, crée fatalement une certaine accoutumance des germes infectieux, de sorte que peu à peu les microbes d'une plaie constamment traitée par la même liqueur se sont adaptés à cette liqueur, assez pour que l'action antiseptique en soit notablement amoindrie.

Il s'ensuit que la méthode rationnelle pour traiter les plaies devrait être la mutation quotidienne de l'antiseptique employé; ce que je proposerais d'appeler : *la méthode d'alternance antiseptique*.

Il va sans dire que le choix et le titre des antiseptiques employés en méthode alternante ne peuvent se déterminer qu'après un examen judicieux.

L'emploi d'antiseptiques différents a en outre cet incomparable avantage que les espèces microbiennes pathogènes très diverses, qui végètent dans la plaie, vont, à tel ou tel moment, se trouver en présence de la substance antiseptique qui leur est plus spécialement toxique.

III. Quoique toute classification des antiseptiques soit forcément artificielle, on peut, en supposant que les corps chimiques, à fonction chimique analogue, ont une action comparable, établir le groupement suivant :

A. *Antiseptiques oxydants* (hypochlorites, hypobromites, iode, chlore, eau oxygénée, ozone, permanganate de potasse, etc.).

B. *Antiseptiques métalliques* (sels des métaux lourds : sels de mercure, d'argent, de zinc, de cuivre, de fer, etc.).

C. *Dérivés de la série aromatique* (groupe phényle : phénols, salicylates, thymol, naphtol, créosote, etc.).

D. *Antiseptiques divers* (formol, chloroforme, essences, chloral, fluorures, acide borique, etc.).

Si l'on adopte cette classification (très arbitraire), il sera possible d'employer le premier jour une substance du groupe A, par exemple; le second jour, du groupe B; le troisième jour, du groupe C; et le quatrième jour, du groupe D. Même rien ne sera plus facile que de prendre, les 5$^e$, 6$^e$, 7$^e$ et 8$^e$ jours, une autre substance du groupe A, puis du groupe B, puis du groupe C, puis du groupe D. On aura ainsi pendant huit jours les moyens de traiter une plaie avec un antiseptique qui chaque jour sera différent. L'alternance sera certainement suffisante pour que toute accoutumance ait disparu.

IV. Il me paraît que cette thérapeutique d'alternance est une indication absolument nouvelle. Certes on trouverait par-ci par-là quelques rares chirurgiens qui l'ont employée empiriquement, en certaines occasions particulières, notamment après avoir au bout d'un long temps constaté la fâcheuse inefficacité de leur antiseptique préféré. Mais jamais jusqu'à présent la méthode d'alternance antiseptique n'a été employée minutieusement, en connaissance de cause, d'après des procédés scientifiques suivis avec rigueur.

Si j'avais à formuler d'une manière concise cette méthode, je dirais qu'elle consiste en ceci : *qu'il ne faut jamais employer deux jours de suite la même liqueur antiseptique pour le traitement d'une même plaie*.

Je me permets donc d'insister auprès des chirurgiens qui ont à panser nos nombreux blessés pour qu'ils adoptent résolument l'alternance méthodique des antiseptiques, même après avoir dûment constaté l'heureux effet d'un premier traitement. Je n'ai bien évidemment pas de conseils à leur donner pour ce qui est du titre des solutions. La pratique usuelle donne à cet égard des documents surabondants. L'essentiel est que les microbes qui pullulent dans une plaie, ayant chaque jour à lutter contre un poison chaque jour différent, ne puissent pas acquérir une accoutumance héréditaire.

Même il est possible que cette méthode d'alternance des médicaments s'applique aussi aux maladies internes. On a observé, chez les tuberculeux, de tout temps, que chaque médication nouvelle donne pendant les premiers

jours des résultats très favorables, mais qu'elle devient bientôt presque sans effet. Qui sait si les parasites de la malaria, de la syphilis, de la typhoïde ne sont pas, eux aussi, susceptibles de s'habituer aux poisons médicamenteux qu'ingère le malade? Il y a là, ce me semble, matière à abondantes recherches, que je me contente d'indiquer, sans essayer de les entreprendre; car elles sont d'ordre clinique plutôt que d'ordre expérimental.

Aux chirurgiens la méthode d'alternance antiseptique donnera, à n'en pas douter, si elle est régulièrement mise en usage, des résultats thérapeutiques intéressants. Il n'y a aucune raison de ne pas l'appliquer sans délai; car elle est d'un emploi facile, et en même temps elle n'offre aucun inconvénient, aucun danger d'aucune sorte.

BOTANIQUE. — *La prétendue hétérotaxie des fleurs de Capucine.* Note (¹) de M. **Paul Vuillemin.**

Von Freyhold observa trois fleurs de *Tropæolum majus* dont les pièces, tout en étant en même nombre que dans la fleur normale, étaient disposées comme si le diagramme était renversé. Le sépale et le carpelle médians étaient en avant, le pétale médian en arrière. Il semblait que les deux pétales de la lèvre postérieure, substituée à la lèvre antérieure, avaient pris la structure de cette dernière en devenant frangés, et que les trois pétales de la lèvre antérieure, en prenant la place de la lèvre postérieure, en avaient revêtu la livrée et portaient deux éperons.

L'auteur assigne à ces anomalies le nom d'*hétérotaxie*, introduit par Masters pour désigner l'apparition d'un organe de la plante en un lieu insolite, par exemple celle d'un bourgeon sur une feuille ou une racine.

Pour justifier l'extension du terme de Masters au renversement du diagramme floral, von Freyhold admet que le premier sépale, au lieu d'apparaître à gauche et en avant, par rapport à l'observateur, comme dans une fleur dextre, naît à gauche mais en arrière; qu'à partir de cette pièce initiale, la spirale génératrice suit son cours habituel en devenant sénestre, que la médiane renversée reste confondue avec le plan de symétrie.

L'ordre de déhiscence des anthères fournit le principal argument en

(¹) Séance du 13 novembre 1916.

faveur de la théorie. Les étamines se succèdent dans l'ordre de la figure A ([1]) dans la fleur normale dextre, où nous avons ajouté la neuvième étamine résultant de la disjonction éventuelle de la troisième; dans l'ordre de la figure B dans la fleur normale sénestre, dans l'ordre de la figure C dans le schéma de l'auteur. Ce dernier ne diffère du précédent renversé

```
   /\          /\        _____          _____
  5 8         8 5       | 5 3           3 4  |
1 •   2     2   • 1     |7 • • 6 >   < 6 •  •7|
7•   • 6    6 •  .7      1  .  2       2   • 1
  4 3-9     9-3 4          4 8           8 5
   A.          B.           C.            D.
```

que par l'interchangement des numéros 4 et 5, assez fréquent dans des fleurs d'ailleurs normales. Nous avons observé une fleur (230) ([2]), représentée par la figure D, où la succession des étamines répond exactement à l'ordre A de la fleur dextre renversé. Ce dernier cas, comparé au précédent, prouve que l'anomalie, si c'en est une, n'est pas liée au sens de la spirale génératrice.

La symétrie invoquée par von Freyhold est troublée (C, D) par l'inégalité des éperons. Qu'ils soient partiellement soudés, comme dans les deux spécimens récoltés par l'auteur, ou libres, comme dans un troisième échantillon communiqué par P. Magnus et dans le nôtre, l'un d'eux intéresse deux pétales comme dans la fleur normale; l'autre en intéresse un seul.

Sans exagérer l'importance d'une cause d'asymétrie indépendante des membres qui dominent la morphologie florale, nous n'en trouvons pas moins remarquable que l'éperon principal ait gardé une position voisine de la normale dans une fleur dont on prétend le diagramme renversé.

La discordance entre les caractères morphologiques et physiologiques, dont la théorie de l'hétérotaxie ne tient pas compte, nous amène à rechercher la cause perturbatrice dans l'influence persistante d'une fleur antérieure à celle dont le diagramme paraît renversé. Il est possible que l'éperon dipétalaire soit le vestige de la fleur axillaire combinée à une seconde fleur devenue prépondérante; mais une telle hypothèse ne prendra corps que si

---

([1]) Les signes >, ∧ indiquent la position des éperons par rapport à un ou deux pétales superposés aux étamines. Les trois points intérieurs marquent la position approximative des carpelles.

([2]) Les numéros entre parenthèses renvoient à la liste inédite de nos observations personnelles sur les anomalies de la fleur de Capucine.

nous la basons sur des exemples probants de fleur de Capucine résultant de la combinaison de deux bourgeons successifs.

La gamogemmie est manifeste dans une fleur (128) subpéloriée, sans éperon, terminant un pédoncule axillaire d'une feuille *a*, portant lui-même, au voisinage de la fleur, une feuille plus petite *b*, divergeant de 144° de la première suivant une spirale génératrice sénestre. Cette fleur possède deux médianes, appartenant, la première à une fleur composante sénestre *a* axillaire de la première feuille, la seconde à une composante dextre *b* axillaire de la seconde feuille.

En l'absence de seconde feuille, la même dualité d'origine ressort de l'ordre de déhiscence des anthères. Dans les fleurs suivantes, une partie des étamines répond à la position normale d'une fleur axillaire dextre; les autres portent le numéro prévu pour une fleur sénestre, divergeant de 144° de la première dans le sens d'une spirale génératrice sénestre (139, 156, 173, 213, 281, 286), plus rarement dans le sens d'une spirale dextre (106). Dans ce dernier cas, nous avons aussi rencontré deux composantes dextres (207, 112).

La disjonction des étamines entre la première composante *a* et la seconde *b* ressort de la comparaison des diagrammes se rapportant aux deux composantes de chaque fleur. Dans la fleur 139, la place des étamines 1, 2, 3, 6, 7 convient à la composante dextre E*a*, celle des étamines 4, 5, 6, 8 à la composante sénestre E*b*; la position légèrement aberrante de la neuvième étamine ne jette pas de trouble parmi les précédentes.

```
   /\           /\            ^             /\
   4 9          8 4           7 4           4 7
1   •   2    1   •   2     1   •.  2     1    •  3
7  • • 6>    5  • • 6\    <5  •  •  6   <6  .   •5
   5 8—3        7 3—9/        8 3           2 8
   Ea.          Fa.           Ga.           Ha.

                               ^
   8 5          3 7 5         8 5           5 8
3    •  7     /9     •  1   3   •   1     3   •   2
<6 •   •1     \6  •   •8|   6•     •7>   |7  •  •  6>
  2 9 4         2 4 ___|      2 4         |  4 1
   \/                                     |____
   Eb.          Fb.           Gb.           Hb.
```

Dans la fleur 156, les conditions de la composante dextre F*a* sont remplies par les étamines 1, 2, 3, 6, 9; celles de la sénestre F*b* par 1, 4, 5, 6.

Les étamines 7, 8 sont interchangées dans la composante sénestre ; c'est un accident banal.

Dans la fleur 286, la position de 1, 2, 3, 6 est correcte pour la composante dextre G*a*, celle de 1, 4, 5, 6, 7, 8 pour la composante sénestre G*b*. Les deux schémas de la fleur 281 sont superposables à ceux de la fleur 286, réserve faite pour 7 et 8, interchangés comme dans la fleur 156. Pour la disposition des étamines, la fleur 173 est identique à 281 ; mais ses éperons sont inégaux, situés comme dans les schémas E*a*, E*b*, et dans plusieurs autres qu'il est superflu de reproduire. Dans la fleur 207, qui fournit les figures H*a*, H*b*, la position de 1 est seule correcte pour la première ; toutes les étamines seraient à leur place normale dans le schéma *b* qui, dans le cas particulier, est dextre, si l'on n'y relevait un interchangement entre 1 et 3.

Quelles que soient la situation et la composition des éperons, nous relevons un accaparement croissant des étamines par la composante *b* en suivant la série EFGH.

Les diagrammes C, D représentent le dernier terme de la série, où l'ordre des étamines est affranchi de l'influence de la composante *a*. Nous retrouvons un vestige de cette dernière dans l'éperon dipétalaire. La médiane *b* fait, selon la règle, avec la médiane *a* coupant cet éperon, un angle de 144°, suivant une spirale dextre quand la seconde composante est dextre (230), suivant une spirale sénestre dans le cas contraire (cas de von Freyhold).

La fleur, en apparence hétérotaxique, est donc une autre fleur que la fleur axillaire. C'est la composante *b* d'une fleur d'origine gamogemmique. En raison de sa prépondérance, la seconde fleur s'est développée au milieu de l'espace libre, refoulant de 36° le vestige du premier bourgeon.

Les fleurs de von Freyhold sont subopposées à des fleurs atrophiées. Leur diagramme est normal et non renversé. L'hétérotaxie imaginée par cet auteur n'existe pas. Le terme doit garder l'acception définie par Masters.

## CORRESPONDANCE.

M^me^ Édouard Bauer adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée aux travaux de son mari, mort au champ d'honneur.

M. Émile Miège, M. Nattan-Larrier adressent des Rapports relatifs à l'emploi qu'ils ont fait de la subvention qui leur a été accordée sur la *Fondation Loutreuil en* 1915.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Le *Cours de Mécanique* professé à l'École des Ponts et Chaussées, par M. Edmond Maillet : Premier livre, Mécanique pure. Deuxième livre, Mécanique appliquée. (Présenté par M. Lecornu.)

*Sulle correnti elettriche in una lamina metallica sotto l'azione di un campo magnetico*, et *Theoria delle potenze dei logaritmi e delle funzioni di composizione*, par M. Vito Volterra; extraits des Procès-verbaux et Mémoires de la R. Accademia dei Lincei. (Présentés par M. G. Darboux.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'approximation des nombres incommensurables par les nombres rationnels.* Note de M. Émile Borel.

La lecture des Mémoires publiées par M. Humbert dans le dernier cahier du Journal de M. Jordan (7ᵉ série, t. 2, p. 79-154) m'a conduit à reprendre par une voie différente un problème dont je m'étais occupé dans ce même Journal en 1903 [*Contribution à l'Analyse arithmétique du continu* (*Journal de Mathématiques*, 5ᵉ série, t. 9, p. 329-375)]. Ce problème était la détermination méthodique d'une suite de fractions approchant le plus possible d'un nombre incommensurable *quelconque*, c'est-à-dire la division de l'ensemble des fractions en systèmes déterminés à l'avance, chaque système renfermant au moins une fraction fournissant l'approximation désirée.

Ajournant la rédaction détaillée, je voudrais indiquer brièvement la construction d'une figure géométrique, analogue par certains égards à celles qu'a utilisées M. Humbert, mais qui s'en distingue cependant par le fait qu'elle est seulement *asymptotiquement* invariante par rapport aux puissances *positives* de certaines substitutions.

Soient $Ox$ l'axe des quantités réelles, A, B, C, D, ... les points de coordonnées entières 1, 2, 3, 4, ... Soient $C_0$ le cercle situé au-dessus de $Ox$, tangent à $Ox$ au point O et de rayon $\frac{1}{\sqrt{3}}$, et $OM_1N_1O'N_0M_0$ l'hexagone régulier inscrit dans ce cercle (sens de parcours direct). Si l'on considère le

cercle égal $C_1$ tangent en A à $Ox$, l'hexagone égal sera $AM_2N_2A'N_1M_1$; on aura de même le cercle $C_2$ et l'hexagone $BM_3N_3B'N_2M_2$. Considérons le triangle curviligne $T_1$ dont les côtés sont : la demi-circonférence $M_1AM_2N_2$ du cercle $C_1$, la droite $N_2N_1$, l'arc $N_1M_1$ du cercle $C_0$; ce triangle se transforme en lui-même par l'inversion $\Sigma$ de pôle O et de puissance égale à l'unité; par cette inversion la demi-droite $N_2N_3N_4\ldots$ devient l'arc $OM_1$ du cercle $C_0$. Désignons par S la translation $+1$ parallèlement à $Ox$; nous poserons $T_1S = T_2$, $T_2S = T_3$, ... Le transformé de $T_2$ par $\Sigma$ est un triangle curviligne $M_1P_1Q_1$ dont le côté $P_1Q_1$ est tangent à $Ox$ au point $\frac{1}{2}$; les abscisses de $P_1$ et de $Q_1$ sont respeetivement $\frac{5}{14}$ et $\frac{9}{14}$; nous désignerons ce triangle par $U_1$ et nous poserons $U_1S = U_2$, $U_2S = U_3\ldots$; le triangle curviligne $U_2$ sera $M_2P_2Q_2$, $U_3$ sera $M_3P_3Q_3$, etc.

La ligne brisée $OP_1Q_1A$ dont les trois côtés sont tangents à $Ox$ aux points O, $\frac{1}{2}$, 1 sera désignée par $L_1$; nous désignerons par $L'_1$ la ligne brisée indéfinie obtenue en faisant subir à $L_1$ les translations S, $S^2$, $S^3$, ...; cette ligne $L'_1$ va du point A au point à l'infini sur $Ox$; ses sommets successifs sont $AP_2Q_2P_3Q_3P_4Q_4\ldots$. La transformée de $L'_1$ par l'inversion $\Sigma$ sera désignée par $L_2$; la ligne $L_2$ part du point A et est asymptote au point O; nous pouvons dire aussi qu'elle va de O à A, car toute parallèle à $Oy$ d'abscisse comprise entre O et 1 la rencontre au moins une fois. La ligne $L_2$ est tout entière au-dessous de $L_1$, sauf en une partie de l'arc $P_1Q_1$ le long de laquelle les deux lignes coïncident. Nous désignerons par $L'_2$ la ligne indéfinie qui se déduit de $L_2$ comme $L'_1$ de $L_1$, par $L_3$ la transformée de $L'_2$ par l'inversion $\Sigma$ et ainsi de suite. Nous obtenons ainsi une suite indéfinie de lignes curvilignes $L_1$, $L_2$, $L_3$, ... allant toutes du point O au point 1; chacune d'elles est située au-dessous de la précédente, avec laquelle elle a certains arcs communs; aucun arc n'est commun à plus de trois lignes consécutives; toute droite $x = \omega$ rencontre donc successivement au moins une fois chacune de ces diverses lignes et l'on peut prendre comme valeurs approchées rationnelles de $\omega$ les points de contact avec $Ox$ des arcs rencontrés par cette droite. L'arc tangent à $Ox$ en un point $\frac{p}{q}$ appartient à un cercle de rayon $\frac{1}{q^2\sqrt{3}}$, ce qui montre que l'approximation obtenue est *au moins* celle d'Hermite; deux arcs consécutifs d'une ligne quelconque $L_n$ ont avec $Ox$ des points de contact $\frac{p}{q}$ et $\frac{p'}{q'}$ tels que $pq' - qp' = \pm 1$; ces arcs se

coupent sous un angle égal à $\frac{\pi}{3}$; si l'on désigne par $x$ l'abscisse du sommet compris entre $\frac{p}{q}$ et $\frac{p'}{q'}$ et par $\theta$ le rapport $\frac{q'}{q}$, on a

$$\left|x - \frac{p}{q}\right| = \frac{\varphi(\theta)}{q^2}$$

avec

$$\varphi(\theta) = \frac{1}{2}\,\frac{2\theta+1}{\theta^2+\theta+1};$$

sans entrer dans le détail de la discussion, des considérations géométriques élémentaires montrent que si les deux arcs de cercle, qui se coupent sous un angle $\frac{\pi}{3}$, étaient tels (¹) que l'un des arcs (entre le point d'intersection et le point de contact avec $Ox$) fût égal à $\frac{\pi}{2}$, l'autre arc serait égal à $\frac{\pi}{6}$ et, par suite, l'approximation pour l'une des fractions $\frac{p}{q}$ descendant au minimum d'Hermite $\frac{1}{q^2\sqrt{3}}$, l'approximation pour la fraction contiguë $\frac{p'}{q'}$ serait égale à la moitié du rayon du cercle correspondant, c'est-à-dire $\frac{1}{2q'^2\sqrt{3}}$. Pour obtenir des résultats plus précis, il sera nécessaire d'étudier la construction directe d'une ligne $L_n$ de rang donné ou tangente à $Ox$ en un point donné et de porter une attention particulière sur les arcs communs à des lignes consécutives; ce sera l'objet du Mémoire qui sera publié plus tard.

---

(¹) Cette circonstance ne peut se présenter, puisque les abscisses de tous les sommets sont des nombres rationnels; mais il peut se présenter des cas aussi voisins que l'on veut de ce cas limite. Signalons aussi que l'on aurait pu désigner par $L_1$ la ligne $OM_1A$ en n'introduisant pas $P_1Q_1$; la méthode indiquée, bien que moins simple en apparence, semble préférable pour certaines questions. Enfin, il est clair que l'on pourrait construire des figures analogues avec une valeur différente pour l'angle constant des arcs qui forment les lignes $L_n$; la figure considérée est à certains égards la plus simple et celle qui se rapproche le plus de celle d'Hermite, mais d'autres donneraient de meilleures approximations; un cas limite est celui où l'angle est nul (cercles tangents); il correspond à l'approximation maximum indiquée dans mon Mémoire cité plus haut.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur quelques propriétés du groupe fuchsien formé des substitutions modulaires qui n'altèrent pas une forme d'Hermite indéfinie.* Note de M. **Gaston Julia**, présentée par M. Émile Picard.

Une forme de Dirichlet sera ici une forme quadratique binaire dont les coefficients sont des entiers réels ou complexes. Une forme d'Hermite sera une forme quadratique binaire à indéterminées conjuguées dont les coefficients sont des entiers en partie réels, en partie complexes. Dans l'espace $O\xi\eta\tau$ bien connu, où le plan $O\xi\eta$ est le plan de la variable complexe $z = \frac{x}{y} = \xi + i\eta$, $x$ et $y$ étant les indéterminées d'une forme de Dirichlet ou d'Hermite, $O\tau$ la normale au plan $O\xi\eta$, une forme de Dirichlet est représentée par la demi-circonférence $\Gamma$ orthogonale au plan $O\xi\eta$ décrite sur le segment joignant ses deux racines comme diamètre. Une forme d'Hermite indéfinie est représentée par la demi-sphère $\Sigma$ dont le grand cercle du plan $O\xi\eta$ s'obtient en égalant à zéro cette forme divisée par $yy_0$.

C'est un fait bien connu, signalé pour la première fois par M. Picard en 1884, que toute forme d'Hermite indéfinie reste invariante par un sous-groupe infini du groupe modulaire complexe, qui constitue un groupe fuchsien conservant la demi-sphère représentative de la forme d'Hermite. Sur une telle demi-sphère $\Sigma$, considérons un demi-cercle $\Gamma$ représentatif d'une forme de Dirichlet; nous dirons que la forme de Dirichlet correspondante est contenue dans la forme d'Hermite considérée. [Que de telles formes existent, dont les racines ne soient pas des nombres rationnels complexes (cas évidemment banal), c'est ce qu'il est facile de voir en prenant tout simplement l'intersection de deux demi-sphères sécantes représentant deux formes d'Hermite indéfinies.] En s'aidant alors de ce principe fondamental dans la réduction des formes de Dirichlet et des formes d'Hermite indéfinies, à savoir que chacune de ces formes n'a qu'un *nombre fini de réduites*, on voit aisément qu'*il existe dans le sous-groupe* G *conservatif de la forme d'Hermite envisagée une substitution* T *hyperbolique qui conserve aussi la forme de Dirichlet correspondant à* $\Gamma$. *Cette substitution engendre un groupe cyclique contenu dans* G, *et qui conserve* $\Gamma$. Comme d'autre part à toute forme de Dirichlet $\Gamma$ correspond un groupe cyclique conservatif de $\Gamma$, engendré par une substitution hyperbolique ou loxodromique S, la substitution T précédente sera une puissance de S, d'où il suit que si une forme de Dirichlet $\Gamma$ est contenue dans une forme d'Hermite $\Sigma$, la substitution

fondamentale S de son groupe est une racine $n^{\text{ième}}$ d'une substitution hyperbolique : S est donc une substitution loxodromique d'une nature particulière, le multiplicateur K de cette substitution $\left(\frac{z'-\zeta_1}{z'-\zeta_2} = K\,\frac{z-\zeta_1}{z-\zeta_2}\right)$ a un argument commensurable à $2\pi\left(K = re^{i\theta},\ \theta = \frac{2p\pi}{n},\ p \text{ et } n \text{ entiers premiers entre eux}\right)$.

Si en particulier on considère le plan $O\xi\tau$, il représente la forme d'Hermite $f = xy_0 - x_0y$; cette forme est conservée par les substitutions à coefficients réels du groupe modulaire complexe, c'est-à-dire par toutes les substitutions du groupe modulaire réel. Une forme de Dirichlet contenue dans $f$ est une forme quadratique binaire à coefficients entiers réels indéfinie. Le résultat établi précédemment prouve que toute forme quadratique binaire indéfinie à coefficients réels entiers est conservée par un groupe cyclique de substitutions hyperboliques, sous-groupe du groupe modulaire réel. C'est là un résultat bien connu de la théorie élémentaire, que le résultat donné plus haut généralise fort simplement.

Terminons par quelques remarques :

Ce qu'on a vu plus haut prouve que les formes de Dirichlet contenues dans une forme d'Hermite *sont particulières*. On peut démontrer que :

La condition nécessaire et suffisante pour que la forme $\alpha x^2 + 2\beta xy + \gamma y^2$ (où $\alpha$, $\beta$, $\gamma$ sont des entiers complexes) soit contenue dans une forme d'Hermite $axx_0 - bxy_0 - b_0x_0y + cyy_0$ ($a$, $c$ entiers réels; $b$, $b_0$ entiers complexes conjugués) est que *Norme* $(\beta^2 - \alpha\gamma)$ *soit carré parfait d'un entier réel*. Si la condition est remplie, il y a une *infinité de formes d'Hermite qui contiennent la forme envisagée*.

Ceci permet de conclure en passant que toute forme de Dirichlet, contenue dans une forme d'Hermite $f$, s'obtient par le procédé indiqué plus haut en prenant le demi-cercle commun à la demi-sphère $\Sigma$ représentative de $f$, et à une demi-sphère représentative d'une autre forme d'Hermite.

Nous remarquerons en dernier lieu que, si l'on considère deux formes d'Hermite dont les demi-sphères sont sécantes, les deux groupes fuchsiens qui les conservent respectivement ont en commun un groupe cyclique conservatif de la forme de Dirichlet contenue dans les deux formes considérées.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les séries de fonctions ultrasphériques.* Note [1] de M. **Erwand Kogbetliantz**, présentée par M. Appell.

Les polynomes de Legendre, ainsi que les fonctions trigonométriques, sont des cas particuliers des polynomes ultrasphériques orthogonaux, $p_n^{(\lambda)}(x)$, définis par

$$\sum_0^\infty z^n p_n^{(\lambda)}(x) = [1 - 2xz + z^2]^{-\lambda}.$$

Le succès de la méthode des moyennes arithmétiques dans des cas particuliers $\left(\lambda = 0, \frac{1}{2}, 1\right)$ suggère l'idée d'appliquer cette méthode de sommation des séries au cas général de $\lambda$ quelconque.

Soit

$$(1)\quad f(x) \sim \frac{1}{\pi}\sum_{n=0}^{\infty} c_n p_n^{(\lambda)}(x) \quad \text{où} \quad c_n = (n+\lambda)\frac{\Gamma(n+1)}{\Gamma(n+2\lambda)}\frac{\Gamma^2(\lambda)}{2^{1-2\lambda}}\int_{-1}^{+1}\frac{f(t)\,p_n^{(\lambda)}(t)\,dt}{(1-t^2)^{\frac{1}{2}-\lambda}}.$$

La moyenne arithmétique d'ordre $\delta$, $f_n^{(\delta)}(x)$, de la série (1) est liée à celle de la série $\sum_{n=0}^{\infty}(n+\lambda)p_n^{(\lambda)}(x)$, laquelle nous noterons $S_n^{(\delta)}(\gamma)$, par la relation

$$f_n^{(\delta)}(x) = \frac{1}{\pi}\int_{-1}^{+1}\int_{-1}^{+1}\frac{f(t)\,S_n^{(\delta)}(\gamma)\,du\,dt}{(1-u^2)^{1-\lambda}(1-t^2)^{\frac{1}{2}-\lambda}} \qquad \left[\cos\gamma = xt + u\sqrt{(1-x^2)(1-t^2)}\right].$$

On démontre d'abord les deux théorèmes suivants :

I. $\lim\limits_{n=\infty} S_n^{(\delta)}(\gamma) = 0$ *uniformément dans l'intervalle* $0 < \varepsilon \leqq \gamma \leqq \pi$ *pour* $\delta > 2\lambda$.

II. $S_n^{(\delta)}(\gamma) \geqq 0$ *pour chaque valeur de n et* $0 \leqq \gamma \leqq \pi$, *pourvu que* $\delta \geqq 2 + E(2\lambda)$; *mais si* $2\lambda = E(2\lambda)$, *il suffit que* $\delta \geqq 1 + 2\lambda$.

On déduit de ces théorèmes le résultat cherché :

Théorème A. — *La série* (1) *est sommable* $[C, \delta = 2 + E(2\lambda)]$, *ou même sommable* $[C, \delta = 1 + 2\lambda]$ *si* $2\lambda = E(2\lambda)$, *avec la somme*

$$\frac{1}{2}[f(x-0) + f(x+0)]$$

---

[1] Séance du 13 novembre 1916.

*partout où cette expression existe;* la sommabilité est uniforme dans tout intervalle compris dans l'intervalle de continuité de $f(x)$.

La fonction $f(x)$ n'est supposée sommable que dans $(-1, +1)$.

Le théorème I permet d'établir (¹) que la série (1) est uniformément sommable, $[C, \delta > 2\lambda]$, avec la somme $f(x)$ dans tout intervalle de continuité de $f(x)$, compris dans l'intervalle où $f(x)$ est à variation bornée. De même, pour $-1 < x < +1$, elle est sommable, $[C, \delta > \lambda]$, et uniformément sommable, $[C, \delta > \lambda]$, pour $|x| \leqq 1 - \varepsilon$ parce que $\lim_{n = \infty} S_n^{(\delta)}(\gamma) = 0$ uniformément pour $\varepsilon \leqq \gamma \leqq \pi - \varepsilon$ pourvu que $\delta > \lambda$.

La démonstration du théorème I repose sur la sommation des séries trigonométriques

$$\sum_0^\infty \frac{\Gamma(n+2\lambda)}{\Gamma(n+1)} \begin{matrix}\cos \\ \sin\end{matrix} (n+\lambda)\theta :$$

les formules approximatives pour la moyenne arithmétique d'ordre $\delta$ de ces séries montrent immédiatement qu'elles sont uniformément sommables, $[C, \delta > 2\lambda - 1]$, pour $\varepsilon \leqq \theta \leqq 2\pi - \varepsilon$. On passe maintenant à la série $\sum_0^\infty p_n^{(\lambda)}(\cos\theta)$ au moyen des formules intégrales, qui généralisent les formules connues de Mehler pour les polynomes de Legendre $\left(\lambda = \frac{1}{2}\right)$

$$\frac{\Gamma^2(\lambda)}{2^{1-\lambda}} \frac{\Gamma(n+1)}{\Gamma(n+2\lambda)} \sin^{2\lambda-1}\theta\, p_n^{(\lambda)}(\cos\theta) = \int_0^\theta \frac{\cos(n+\lambda)\varphi\, d\varphi}{[\cos\varphi - \cos\theta]^{1-\lambda}} = \int_\theta^\pi \frac{\cos[(n+\lambda)\varphi - \lambda\pi]\, d\varphi}{[\cos\theta - \cos\varphi]^{1-\lambda}}.$$

Quant à la série $\sum_0^\infty (n+\lambda) p_n^{(\lambda)}(\cos\lambda)$, elle est le produit des deux séries

$$\sum_0^\infty (n+\lambda) p_n^{(\lambda)}(\cos\theta) = \left\{ 2\lambda \sum_0^\infty p_n^{(\lambda)}(\cos\theta) \right\} \left\{ \frac{1}{2} + \sum_1^\infty \cos n\theta \right\}.$$

Dans la démonstration du théorème II, on part de la formule de Frombeck,

$$\frac{\pi}{2} p_n^{(\lambda)}(\cos\theta) = \int_0^\theta \frac{\sin\left(\frac{1}{2} - \lambda\right)\varphi \sin\left(n + \frac{1}{2}\right)\varphi\, d\varphi}{[2(\cos\varphi - \cos\theta)]^\lambda} + \int_\theta^\pi \frac{\sin\left[\lambda\pi + \left(\frac{1}{2} - \lambda\right)\varphi\right] \sin\left(n + \frac{1}{2}\right)\varphi\, d\varphi}{[2(\cos\theta - \cos\varphi)]^\lambda}$$

$$(n \geqq 0).$$

(¹) Chapman, *Quarterly Journal* (théor. XII), t. 73, p. 20.

Il est très probable qu'on arrivera à abaisser, dans l'énoncé du théorème A, l'ordre de sommabilité $\delta$ jusqu'à $1+2\lambda$ aussi pour $2\lambda \neq E(2\lambda)$; il suffirait pour cela de démontrer que la moyenne arithmétique $s_n^{(\delta)}(\theta)$, d'ordre $\delta = 2\lambda - 1$ de la série $\sum_0^\infty \frac{\Gamma(n+2\lambda)}{\Gamma(n+1)} \cos[(n+\lambda)\theta - \lambda\pi]$, n'est jamais négative pour chaque valeur de $n$ et $0 \leqq \theta \leqq \pi$, ce qui permettrait de remplacer, dans l'énoncé du théorème II, $2 + E(2\lambda)$ par $1 + 2\lambda$ même quand $2\lambda \neq E(2\lambda)$; la formule approximative pour cette moyenne $s_n^{(2\lambda-1)}(\theta)$ montre qu'elle n'est jamais négative pour $n \geqq N(\varepsilon)$ et $\varepsilon \leqq \theta \leqq \pi$, mais $N(\varepsilon)$ croît indéfiniment avec $\frac{1}{\varepsilon}$. De même la considération des constantes $\rho_n^{(2\lambda)}$ de Lebesgue d'ordre $2\lambda$ de la série $\sum_0^\infty (n+\lambda) p_n^{(\lambda)}(x)$,

$$\rho_n^{(2\lambda)} = \int_{-1}^{+1} |S_n^{(2\lambda)}(x)| (1-x^2)^{\lambda - \frac{1}{2}} dx$$

abaissera probablement — si l'on démontre, comme l'a fait voir Gronwall pour $\lambda = \frac{1}{2}$, qu'elles sont bornées — cet index $\delta$ jusqu'à sa valeur minimum $2\lambda$.

CINÉMATIQUE. — *Sur les propriétés du second ordre des mouvements plans à deux paramètres.* Note (¹) de M. G. **Kœnigs**.

1. Comme suite à ma Note reçue dans la séance du 30 octobre et parue aux *Comptes rendus* du 6 novembre (t. 163, p. 511), je me propose de faire connaître ici les propriétés essentielles du second ordre des mouvements plans à deux paramètres. Je conserverai les notations précédentes.

Rappelons d'abord que, dans le cas d'un mouvement à un seul paramètre, les propriétés du premier ordre (normales et tangentes) ne dépendent que de la connaissance du centre instantané de rotation I, et que les propriétés du second ordre (courbures) ne dépendent que de la connaissance d'un point K', centre géométrique des accélérations. Ce point est celui dont l'accélération totale est nulle lorsqu'on suppose que le temps est mesuré par l'angle $\theta$ de position de la figure. Il est diamétralement opposé au

(¹) Séance du 13 novembre 1916.

centre instantané I dans le cercle des inflexions. La construction de ce point est la suivante :

Soit $\overrightarrow{IV}$ le vecteur qui représente la vitesse propre au centre instantané lorsque l'angle de position $\theta$ est pris comme mesure du temps; par une rotation directe de trois angles droits, ce vecteur vient occuper la position $\overrightarrow{IK'}$. L'extrémité K' de ce vecteur est le centre géométrique des accélérations.

De là suit que, si $X_I$, $Y_I$ sont les coordonnées du point I par rapport à des axes rectangulaires solidaires du plan mobile, les coordonnées du point K' auront ces expressions :

$$X_{K'} = X_I + \frac{dY_I}{d\theta}, \qquad Y_{K'} = Y_I - \frac{dX_I}{d\theta}.$$

2. Concevons alors qu'il s'agisse d'un mouvement $\mathfrak{M}^1$ à un paramètre contenu dans un mouvement $\mathfrak{M}^2$ donné à deux paramètres. Nous avons trouvé antérieurement, pour les coordonnées du point I, ces expressions :

$$X_{I} = -\eta - \eta_1 u', \qquad Y_I = \xi + \xi_1 u'.$$

Il viendra donc, d'après les formules ci-dessus :

$$X_{K'} = -\eta - \eta_1 u' + \left(\frac{\partial \xi}{\partial \theta} + \frac{\partial \xi}{\partial u} u'\right) + \left(\frac{\partial \xi_1}{\partial \theta} + \frac{\partial \xi_1}{\partial u} u'\right) u' + \xi_1 u'',$$
$$Y_{K'} = \quad \xi + \xi_1 u' + \left(\frac{\partial \eta}{\partial \theta} + \frac{\partial \eta}{\partial u} u'\right) + \left(\frac{\partial \eta_1}{\partial \theta} + \frac{\partial \eta_1}{\partial u} u'\right) u' + \eta_1 u''.$$

Pour une position donnée $\mathfrak{P}$ du plan mobile, c'est-à-dire pour un système donné de valeurs des paramètres de position $\theta$, $u$, ces coordonnées dépendent des valeurs des dérivées $u'$, $u''$. Elles forment donc un continuum de positions à deux paramètres dans le plan, sans qu'on soit autorisé à dire que ce continuum comprend tout le plan.

Mais considérons tous les $\mathfrak{M}^1$ contenus dans le $\mathfrak{M}^2$ donné et qui sont tangents ou qui ont même centre instantané I, ou même valeur pour $u'$. Le point K' ne doit plus être considéré que comme dépendant du seul paramètre $u''$; son lieu est alors la droite $d_K^1$, dont l'équation est

$$-\eta_1 X + \xi_1 Y + m = 0,$$

où l'on a posé

$$m = L + 2M u' + N u'^2$$

avec

$$L = \eta_1 \frac{\partial \xi}{\partial \theta} - \xi_1 \frac{\partial \eta}{\partial \theta} - (\xi \xi_1 + \eta \eta_1), \qquad M = \eta_1 \frac{\partial \xi_1}{\partial \theta} - \xi_1 \frac{\partial \eta_1}{\partial \theta} - (\xi_1^2 + \eta_1^2),$$

$$N = \eta_1 \frac{\partial \xi_1}{\partial u} - \xi_1 \frac{\partial \eta_1}{\partial u}.$$

La droite $d^{\mathrm{I}}_{\mathrm{K}'}$ est perpendiculaire à la droite $d_{\mathrm{I}}$ et elle la coupe en un point H.

Un point H correspond ainsi à un point I; mais inversement deux positions de I, que nous appellerons I et J, correspondent à une position donnée de H. Ce dernier cependant doit se trouver sur une certaine moitié de la droite $d_{\mathrm{I}}$ (voir plus loin).

Les points I, J sont symétriques par rapport à un point O fixe, c'est-à-dire indépendant de H. Lorsque I vient en O, J y vient aussi; le point H vient alors dans une position particulière $H_0$. Ce dernier point décompose la droite $d_{\mathrm{I}}$ en deux demi-droites dont l'une, que nous appellerons $d'_{\mathrm{I}}$, est à elle seule tout le lieu du point H. Lorsqu'on prend H sur la demi-droite opposée, les points I, J correspondants sont imaginaires. Il en résulte que la droite $n_{\mathrm{I}}$, normale en $H_0$ à la droite $d_{\mathrm{I}}$, décompose le plan en deux demi-plans dont un seul, celui qui contient la demi-droite $d'_{\mathrm{I}}$, est le lieu du point K'. Ainsi se fait que le continuum des positions du point K' ne soit qu'un demi-plan.

Il est à noter que si l'on envisage tous les mouvements $\mathfrak{M}^1$ tangents contenus dans le $\mathfrak{M}^2$ donné (qui ont par suite même centre instantané I) leurs cercles des inflexions forment un faisceau, car ils passent tous par les deux points I et H.

3. La connaissance de la droite $d^{\mathrm{I}}_{\mathrm{K}'}$ correspondant à un centre I donné permet de résoudre une série de problèmes concernant les courbures.

Supposons, par exemple, qu'on se propose de définir les éléments du second ordre d'un $\mathfrak{M}^1$ contenu dans un $\mathfrak{M}^2$ en se donnant le centre de courbure $M_1$ de la trajectoire d'un point M particulier. Le point I où la normale $MM_1$ coupe la droite connue $d_{\mathrm{I}}$ est le centre instantané. D'autre part, d'après un théorème que j'ai établi en mes *Leçons de Cinématique*, p. 443, la polaire du point M par rapport au cercle de centre M qui passe en I, doit contenir le point K'. On aura donc le point K' en prenant l'intersection de cette polaire avec la droite $d^{\mathrm{I}}_{\mathrm{K}}$ supposée connue.

Solution analogue si l'on se donne le point où une courbe entraînée touche son enveloppe, ainsi que le centre de courbure de celle-ci, etc.

4. Ces propriétés générales trouvent une illustration simple dans le mouvement spécial que j'ai étudié dans ma première Note. Si E, $E_1$ sont les deux points où la droite $d$ touche les courbes $(e)$, $(e_1)$, on trouve que les points O et $H_0$ coïncident avec le point E. La droite $n_1$ est la normale en E à la courbe $(e)$. Les vecteurs $\overrightarrow{EE_1}$ et $\overrightarrow{EH}$ sont de même signe, car ils vérifient la relation $\overline{EI}^2 = \overline{EE_1} \times \overline{EH}$, en sorte que la demi-droite $d_1'$ et le demi-plan qui la contient sont ceux qui contiennent le point $E_1$.

En outre la relation précédente, qui exprime que H et $E_1$ sont conjugués harmoniques par rapport au segment IJ dont E est le milieu, rend tout à fait élémentaires dans ce cas les constructions précédentes.

MÉCANIQUE ANALYTIQUE. — *Sur une méthode de calcul des perturbations d'un mouvement connu.* Note de M. **H. Vergne**, présentée par M. Appell.

Je considère un système de $2n$ équations canoniques

$$\text{(I)} \qquad \frac{dx_i}{dt} = \frac{\partial F}{\partial y_i}, \qquad \frac{dy_i}{dt} = -\frac{\partial F}{\partial x_i} \qquad (i = 1, 2, \ldots, n),$$

définissant le mouvement d'un système mécanique. La fonction $F(x_i, y_i, t)$ peut dépendre explicitement du temps $t$.

Je suppose qu'on ait su intégrer complètement ce système; soient

$$(1) \qquad \begin{cases} x_i = \xi_i(t, C_1, C_2, \ldots, C_{2n}), \\ y_i = \eta_i(t, C_1, C_2, \ldots, C_{2n}), \end{cases}$$

ses intégrales générales, les C désignant $2n$ constantes d'intégration.

Je suppose maintenant, ainsi qu'il arrive en Mécanique céleste, qu'on ait à étudier un second mouvement *voisin* du premier et soient

$$\text{(II)} \qquad \frac{dx_i}{dt} = \frac{\partial F}{\partial y_i} + \varepsilon \frac{\partial f}{\partial y_i}, \qquad \frac{dy_i}{dt} = -\frac{\partial F}{\partial x_i} - \varepsilon \frac{\partial f}{\partial x_i} \qquad (i = 1, 2, \ldots, n),$$

les équations canoniques qui définissent ce nouveau mouvement, $F(x_i, y_i, t)$ étant la même fonction que précédemment, et $\varepsilon f(x_i, y_i, t)$ désignant une petite *fonction perturbatrice*. Dans ce qui suit, nous tiendrons seulement compte de la première puissance de $\varepsilon$ et nous négligerons $\varepsilon^2$.

Posons, pour ce second mouvement,

$$x_i = \xi_i + \varepsilon\, \delta\xi_i,$$
$$y_i = \eta_i + \varepsilon\, \delta\eta_i.$$

Nous allons montrer qu'on peut calculer les *perturbations* $\delta\xi_i$, $\delta\eta_i$ au moyen de formules n'exigeant qu'*une seule* quadrature.

Pour cela, considérons l'équation auxiliaire aux dérivées partielles

$$\frac{\partial\sigma}{\partial t}+\sum_i\left(\frac{\partial\sigma}{\partial x_i}\frac{\partial F}{\partial y_i}-\frac{\partial\sigma}{\partial y_i}\frac{\partial F}{\partial x_i}\right)=f(x_i, y_i, t),$$

que nous écrirons ainsi

$$(2) \qquad \frac{\partial\sigma}{\partial t}+(\sigma, F)=f,$$

la notation $(\sigma, F)$ désignant, suivant l'usage, la *parenthèse de Poisson* relative aux deux fonctions $\sigma(x_i, y_i, t)$ et $F(x_i, y_i, t)$.

Je suppose que, de cette équation (2), nous ayons su obtenir une intégrale particulière quelconque $\sigma(x_i, y_i, t)$. Il suffira de poser

$$(3) \qquad \delta\xi_i=\frac{\partial\sigma}{\partial y_i}, \qquad \delta\eta_i=-\frac{\partial\sigma}{\partial x_i},$$

pour avoir résolu les équations (II). Et, comme ce sont là de petites perturbations, on pourra, dans les seconds membres, remplacer les $x_i, y_i$ par leurs valeurs non troublées $\xi_i$, $\eta_i$.

La vérification de cette affirmation est immédiate : il suffit, dans les équations (II), de remplacer $x_i$ par $\xi_i+\varepsilon\frac{\partial\sigma}{\partial y_i}$, et $y_i$ par $\eta_i-\varepsilon\frac{\partial\sigma}{\partial x_i}$, pour constater qu'on a des identités en vertu de (1) et de (2) (en négligeant $\varepsilon^2$) : la première équation (II), par exemple, devient identique à l'équation (2) différentiée par rapport à $y_i$.

Il reste à montrer qu'on peut obtenir de l'équation (2) une solution $\sigma(x_i, y_i, t)$ au moyen d'une seule quadrature. C'est ce qui est facile en se servant des formules (1), intégrales générales du système (I). Ces formules (1) peuvent être considérées comme définissant un changement de variables permettant de passer des $2n$ lettres $x_i, y_i$ aux $2n$ lettres C (ce changement de variables dépendant explicitement du paramètre $t$).

Exprimons alors la fonction perturbatrice $f(x_i, y_i, t)$ au moyen des nouvelles variables C : elle devient une fonction $f(C_1, C_2, \ldots, C_{2n}, t)$ de ces nouvelles variables et du temps $t$.

Si nous posons

$$(4) \qquad \sigma=\int_{t_0}^{t} f(C_1, C_2, \ldots, C_{2n}, t)\,dt,$$

quadrature où les lettres C sont traitées comme des constantes, nous avons

là une fonction $\sigma(C_1, C_2, \ldots, C_{2n}, t)$, qu'on peut exprimer, au moyen des formules (1), en fonction des variables $x_i$, $y_i$, $t$. Cette fonction $\sigma(x_i, y_i, t)$ satisfait identiquement à l'équation (2), ainsi qu'il est très facile de le vérifier.

Ainsi, il a suffi d'exprimer la fonction perturbatrice $f$ en fonction des constantes d'intégration C du mouvement non troublé; de calculer la fonction $\sigma$ par la quadrature (4); d'exprimer cette fonction $\sigma$ au moyen des variables $x_i$, $y_i$; pour en déduire immédiatement, au moyen des formules (3), les valeurs explicites des perturbations $\delta\xi_i$, $\delta\eta_i$ du mouvement troublé, à partir d'une époque quelconque $t_0$ (les quantités $\delta\xi_i$, $\delta\eta_i$ s'annulent, en effet, comme $\sigma$, pour $t = t_0$).

Les résultats précédents peuvent se rattacher aux idées générales *Sur une correspondance entre les mouvements de deux systèmes holonomes conservatifs* que j'ai publiées dans le *Bulletin des Sciences mathématiques*, 2e série, t. 37, 1913, p. 375.

Le théorème est susceptible d'extension, et l'on peut montrer que, pour calculer les termes en $\varepsilon^2$, il suffit d'effectuer une seule nouvelle quadrature; d'une façon générale, une seule quadrature permet de passer de l'approximation de l'ordre de $\varepsilon^p$ à l'approximation de l'ordre de $\varepsilon^{p+1}$.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Le problème du mur en Électrodynamique.* Note (1) de M. **Louis Roy**, transmise par M. Paul Sabatier.

Considérons un mur diélectrique et conducteur, d'épaisseur $2l$, occupant la région de l'espace $(-l \leqq x \leqq l)$ et compris entre deux diélectriques non conducteurs 1 et 2 occupant les deux autres régions de l'espace $(x \leqq -l)$ et $(x \geqq l)$. Ces trois milieux sont homogènes et isotropes et peuvent être magnétiques. Le problème du mur consiste à déterminer, à l'instant $t$, l'état électrique et magnétique du système résultant d'un état initial donné arbitrairement.

La recherche de cet état se ramène à la détermination, en chaque point de l'espace, du potentiel vecteur total $(\mathcal{F}, \mathcal{G}, \mathcal{H})$, dont on déduit, par les formules de la théorie d'Helmholtz, le potentiel électrique et les autres grandeurs électriques et magnétiques.

Supposons l'état initial indépendant de $y$ et de $z$, $x$ devenant ainsi la

(1) Séance du 13 novembre 1916.

seule variable géométrique. Les fonctions ($\mathcal{F}$, $\mathcal{G}$, $\mathcal{H}$) se déterminent alors séparément : la première intervient seule dans la détermination du potentiel électrique $\varphi$ et de la composante longitudinale du champ électrique; les deux autres déterminent le champ magnétique et les composantes transversales du champ électrique. Nous nous occuperons seulement de la détermination de la fonction $\mathcal{F}$ et des grandeurs qui en dérivent.

Nous simplifierons les équations du problème en supposant qu'aucun des trois milieux considérés n'a un pouvoir inducteur spécifique d'un ordre de grandeur inférieur à celui de l'éther, ce qui est d'ailleurs le cas de tous les diélectriques dont on a pu mesurer le pouvoir inducteur. En vertu de l'hypothèse appelée par P. Duhem *hypothèse de Faraday et de Mossotti* et nécessaire pour mettre la théorie d'Helmholtz d'accord avec les expériences de Hertz, les pouvoirs inducteurs spécifiques des trois milieux considérés seront, comme celui de l'éther, des nombres très supérieurs à l'unité. Dans ces conditions, la vitesse de propagation des ondes longitudinales aura, dans les trois milieux, une même valeur L égale à celle de la lumière dans l'éther.

Soit alors $\rho$ la résistivité du mur, $\varkappa$ son coefficient de polarisation diélectrique; substituons aux variables indépendantes $(x, t)$ les variables $(\xi, \tau)$ liées aux premières par les relations

$$\tau = \frac{t}{\rho\varkappa}, \qquad \xi = \frac{x}{L\rho\varkappa}.$$

En affectant des indices 1 ou 2 les fonctions relatives aux milieux 1 ou 2, celles sans indice se rapportant au mur, les équations indéfinies du problème s'écriront

$$(1)\quad \left\{\begin{aligned} &\frac{\partial^2(\mathcal{F}_1, \mathcal{F}_2)}{\partial\xi^2} - \frac{\partial^2(\mathcal{F}_1, \mathcal{F}_2)}{\partial\tau^2} = 0,\\ &\frac{\partial^2}{\partial\xi^2}\left(\mathcal{F} + \frac{\partial\mathcal{F}}{\partial\tau}\right) - \frac{\partial^2}{\partial\tau^2}\left(\mathcal{F} + \frac{\partial\mathcal{F}}{\partial\tau}\right) = 0\end{aligned}\right.$$

et, en posant $\lambda = \frac{l}{L\rho\varkappa}$, les conditions aux limites seront, pour $\xi = \mp\lambda$,

$$\mathcal{F} = (\mathcal{F}_1, \mathcal{F}_2), \qquad \frac{\partial\mathcal{F}}{\partial\xi} = \frac{\partial(\mathcal{F}_1, \mathcal{F}_2)}{\partial\xi}.$$

Enfin, les conditions initiales seront, pour $\tau = 0$,

$$(\mathcal{F}_1, \mathcal{F}, \mathcal{F}_2) = (F_1, F, F_2), \qquad \frac{\partial(\mathcal{F}_1, \mathcal{F}, \mathcal{F}_2)}{\partial\tau} = (G_1, G, G_2), \qquad \frac{\partial^2\mathcal{F}}{\partial\tau^2} = H,$$

$F_1$, F, ..., H étant des fonctions données de $\xi$.

Ces fonctions $\mathcal{F}$ étant ainsi obtenues, soient $\varepsilon$ la constante fondamentale des actions électrostatiques, $k$ la constante d'Helmholtz et posons

$$\mathfrak{W} = \sqrt{\varepsilon k}\,\mathfrak{V}.$$

$\mathfrak{W}$ sera déterminé dans les trois régions par une quadrature au moyen des équations

$$(2)\qquad \frac{\partial(\mathcal{F}_1, \mathcal{F}, \mathcal{F}_2)}{\partial\xi} + \frac{\partial(\mathfrak{W}_1, \mathfrak{W}, \mathfrak{W}_2)}{\partial\tau} = 0$$

et de sa valeur initiale $W = \sqrt{\varepsilon k}\,V$. On a, en outre, la relation

$$\frac{\partial\mathfrak{W}}{\partial\xi} - \frac{\partial^2\mathcal{F}}{\partial\xi^2} + \frac{\partial\mathcal{F}}{\partial\tau} + \frac{\partial^2\mathcal{F}}{\partial\tau^2} = 0,$$

d'où il résulte que

$$W' - F'' + G + H = 0.$$

Soit enfin $\frac{a}{\sqrt{2}}$ la constante fondamentale des actions électrodynamiques; les composantes longitudinales $\frac{\frac{a}{\sqrt{2}}}{\rho x}(\mathfrak{X}_1, \mathfrak{X}, \mathfrak{X}_2)$ du champ électrique total dans chaque région seront données par les égalités

$$(3)\qquad (\mathfrak{X}_1, \mathfrak{X}, \mathfrak{X}_2) = -\frac{\partial(\mathfrak{W}_1, \mathfrak{W}, \mathfrak{W}_2)}{\partial\xi} - \frac{\partial(\mathcal{F}_1, \mathcal{F}, \mathcal{F}_2)}{\partial\tau},$$

les premiers termes correspondant au champ électrostatique, les seconds au champ électrodynamique.

L'intégration des équations (1) et (2) donne alors, pour les fonctions $\mathcal{F}$ et $\mathfrak{W}$, des expressions analytiques différentes dans les diverses régions du plan des deux variables $(\xi, \tau)$ limitées par les six droites

$$\xi \pm \tau \pm \lambda = 0, \qquad \xi \pm \lambda = 0.$$

En particulier, la différence de potentiel entre les faces du mur est donnée par les expressions : pour $0 \leq \tau \leq 2\lambda$,

$$(4)\quad \begin{aligned} 2(\mathfrak{W}_{-\lambda} - \mathfrak{W}_{\lambda}) &= W(-\lambda+\tau) + W(-\lambda) - W(\lambda-\tau) - W(\lambda) \\ &\quad + \int_{-\lambda-\tau}^{-\lambda} (G_1 - F'_1)\,d\xi - \int_{-\lambda}^{-\lambda+\tau} F'\,d\xi + \int_{\lambda-\tau}^{\lambda} F'\,d\xi + \int_{\lambda}^{\lambda+\tau} (G_2 + F'_2)\,d\xi \\ &\quad - e^{\lambda-\tau}\left[\int_{-\lambda}^{-\lambda+\tau} (G + W')e^{\xi}\,d\xi + \int_{\lambda-\tau}^{\lambda} (G + W')e^{-\xi}\,d\xi\right]; \end{aligned}$$

pour $\tau \geqq 2\lambda$,

$$(5)\quad 2(\wp_{-\lambda} - \wp_{\lambda}) = \int_{-\lambda-\tau}^{\lambda-\tau} (G_1 - F'_1)\, d\xi + \int_{-\lambda+\tau}^{\lambda+\tau} (G_2 + F'_2)\, d\xi - 2e^{\lambda-\tau} \int_{-\lambda}^{\lambda} (G + W')\, \text{ch}\,\xi\, d\xi,$$

formules où les $F'$ représentent, d'après les équations (2), les vitesses initiales changées de signe des fonctions $\wp$.

Les formules (3) montrent alors que le champ électrique total conserve sa valeur initiale dans les régions 1 et 2, et qu'à l'intérieur du mur il a pour expression, pour $\tau \geqq 0$,

$$(6)\qquad \mathcal{X} = -(G + W')e^{-\tau}.$$

On reconnaît que toutes les formules précédentes subsistent si les régions 1 et 2, au lieu d'être des diélectriques non conducteurs, sont des conducteurs de résistivité nulle.

GÉOLOGIE. — *Notes géologiques sur la région de Bou Laouane (Maroc occidental).* Note (¹) de M. **Russo**, transmise par M. C. Depéret.

La région de Bou Laouane nous paraît mériter une description particulière par la netteté avec laquelle s'y révèlent les dispositions essentielles que nous retrouvons à travers tout le Maroc central, c'est-à-dire un substratum ancien plissé, puis arasé, sur lequel reposent des couches plus récentes horizontales.

Le substratum ancien est formé de deux séries de schistes et de quartzites superposés, dépourvus de fossiles, ou, du moins, n'en ayant pas encore donné dans cette région.

Ce substratum offre les éléments suivants :

| | | |
|---|---|---|
| II. | 6 | Quartzites bruns, rouges ou gris. |
| | 5 | Schistes feuilletés. |
| | 4 | Graüwackes. |
| I. | 3 | Quartzites blancs. |
| | 2 | Schistes feuilletés verts à *ripplemarks*. |
| | 1 | Schistes verts et bleus durs. |

(¹) Séance du 13 novembre 1916.

Tous ces éléments sont en concordance et forment une série de plis dont les pendages alternent, tantôt orientaux, tantôt occidentaux, avec direction générale NNE à SSW et plis orthogonaux recoupant les plis principaux, avec direction NW à SE et WSW à ESE.

Surmontant ce substratum et fréquemment percée par lui sous forme de *Sokhrats* quartzitiques (quartzites blancs) ou de bancs rocheux (quartzites bruns) s'étend une couche horizontale uniforme de sables, de conglomérats, d'argiles, dont la coloration est en général rougeâtre, mais à peu près constamment mêlée de vert, de violet, de jaune, surtout dans les couches marneuses. La succession de ses éléments est un peu variable. Nous prendrons pour type ce qu'elle est dans le ravin du chemin de fer à $3^{km}$ au sud-ouest de Bou Laouane. On y trouve :

4.................... Sables gris.
3.................... Sables fauves.
2.................... Marnes bariolées.
1.................... Argile feuilletée rouge.

Immédiatement susjacentes à ces couches qui, comme celles des schistes et des quartzites ne nous offrent aucun fossile, nous rencontrons des couches de calcaires fort riches en fossiles.

Nous y voyons :

4.................... Calcaire compact.
3.................... Calcaire gréseux dur.
2.................... Calcaire gréseux tendre.
1.................... Calcaire jaune tendre.

Nous y avons trouvé un certain nombre de fossiles, tous miocènes, que M. Depéret a bien voulu déterminer. Nous en avons déjà parlé succinctement (*Comptes rendus*, t. 161, 1915, p. 136).

Les positions détaillées de ces fossiles sont indiquées plus loin.

Tout ce que nous venons de dire s'applique à la portion occidentale de la région de Bou Laouane. Sa portion orientale montre un régime un peu différent.

Au lieu de rencontrer toujours, au-dessus des quartzites bruns, les couches bariolées, celles-ci sont très souvent absentes et le terme qui surmonte les quartzites est un calcaire chamois parsemé souvent de dendrites de manganèse et qui se présente en bancs sensiblement horizontaux se continuant de façon ininterrompue avec ceux de Mechra ben Abbou. Ils ne nous ont donné aucun fossile dans la région de Bou Laouane.

Des divers terrains dont nous venons de constater la présence, les premiers, schistes verts, gris ou bleus, ainsi que les quartzites, appartiennent au primaire, mais sans qu'il soit possible de les dater par des fossiles.

Toutefois les quartzites blancs ont une telle analogie de faciès avec les quartzites siluriens d'Europe que nous supposons qu'ils doivent être *siluriens*.

Au contraire, les quartzites supérieurs semblent en parenté stratigraphique, avec les couches de la région de Mgarto, où M. L. Gentil a trouvé une abondante faune coblencienne. Il y faudrait voir, si cette parenté stratigraphique se vérifie, du *Dévonien inférieur*.

Les couches rouges ne m'ont montré que des feuilles, probablement de Conifères, en très mauvais état.

Nous y voyons l'équivalent des couches permo-triasiques de Mechra ben Abbou. Enfin les couches calcaires et les conglomérats et grès supérieurs nous offrent un ensemble de couches vindoboniennes.

On y trouve :

7..... Carapace tuffacée contemporaine.
6..... Cailloutis d'altération.
5..... Conglomérat calcaire.
4..... Calcaire gréseux à { *Pirula* cf. *condita* Lam. ; *Cardium* cf. *burdigalinum* Lam.
3..... Calcaire compact à { *Proto cathedralis* Bl. ; *Turritella terebralis* Lam. ; *Arca* sp.
2..... Calcaire gréseux.
1..... Calcaire jaune à { *Pecten Dunkeri* Mayer. ; *Ostrea plicatula* Lam.

Les couches 1 à 5 représentent le Vindobonien. Les terrains compris entre le Trias inférieur et le Vindobonien ne sont pas représentés en ce point.

ZOOLOGIE. — *Les récifs d'Hermelles et l'assèchement de la baie du Mont-Saint-Michel.* Note [1] de MM. C. **Galaine** et C. **Houlbert**, présentée par M. Edmond Perrier.

Par suite d'un exhaussement progressif du fond de la baie, le Mont-Saint-Michel perd, petit à petit, son aspect insulaire; quoi qu'on en puisse penser,

[1] Séance du 30 octobre 1916.

la digue ne joue aucun rôle dans l'évolution de ce phénomène; sa transformation ou sa suppression ne ramèneraient pas les eaux autour du célèbre rocher.

Bien des fois, au cours de ces dernières années, des géologues éminents ont indiqué que le fond du golfe normanno-breton était soumis à des mouvements verticaux d'oscillation; le plus récent de ces mouvements, un affaissement, vers la fin de l'époque gallo-romaine, produisit la grande transgression marine qui amena la destruction de la forêt dite de *Sciscy* (Chauscy); mais, le dernier des sept villages, Saint-Étienne-de-Paluel, qui reposent ensevelis sous les eaux de la baie, ne fut définitivement submergé qu'en l'an 1630.

Nos recherches sur les bancs d'Huîtres de la baie de Cancale, qui nous ont conduits à explorer la région dans tous les sens, nous ont fourni bien des fois l'occasion de vérifier l'exactitude des mouvements d'oscillation signalés ci-dessus; mais nous avons constaté en outre qu'à l'ensemble de ces phénomènes, d'ordre purement géologique, s'en superposait un autre, d'ordre biologique. C'est sur ce dernier que nous désirons appeler particulièrement l'attention de l'Académie, car son importance, pour l'exhaussement du fonds marin, est, à notre avis, supérieure à tout ce qui peut résulter des lentes oscillations orogéniques dans cette région : *il s'agit, en fait, des importantes barrières récifales édifiées par les Hermelles* (*Hermella alveolata* Sav.), *lesquelles, s'étendant par le travers de la baie dans la direction Chapelle Sainte-Anne-Granville, barrent complètement les estuaires côtiers sur une étendue qui n'est pas inférieure à* $10^{km}$.

Déjà, en 1832, dans leur *Histoire naturelle du littoral de la France*, t. I, p. 181, Audouin et Milne-Edwards consignaient les remarques suivantes :

Nous nous sommes convaincus que les masses formées par ces Annélides étaient très considérables et qu'elles enterraient pour ainsi dire les Huîtres. C'est depuis une dizaine d'années seulement que les Hermelles ont envahi ce banc (1) et qu'elles y ont entièrement arrêté la reproduction des Huîtres; toutes celles qu'on y arrache avec la drague sont très vieilles et comme enfouies dans des masses sablonneuses construites par ces Annélides; aussi ce banc, qui était autrefois l'un des plus estimés, est-il aujourd'hui complètement abandonné. Les Hermelles qui l'ont détruit paraissent y être venues du voisinage du Mont-Saint-Michel, car elles forment, sur quelques points des grèves de ce rocher et au nord-est du Pas-aux-Bœufs, des bancs de sable ou des

(1) Il s'agit principalement de la partie sud du banc Saint-Georges, banc n° IV du quartier de Cancale (Voir L. Joubin, *Gisements des Mollusques comestibles des côtes de France*, Monaco, 1910, p. 14).

espèces d'îlots qui découvrent à mer basse et qui paraissent élevés de 8 à 10 pieds. Il est à craindre que cet ennemi, si dangereux pour les Huîtres, ne gagne les bancs voisins et ne dépeuple peu à peu la baie actuellement si riche de Cancale.

Jusqu'ici, heureusement, les craintes exprimées par les deux savants professeurs du Muséum ne paraissent pas s'être réalisées, tout au moins en ce qui concerne les bancs d'Huîtres; les Hermelles ne s'avancent guère, vers l'Ouest, au delà de la laisse des basses mers; comme les Coraux, ces organismes ne peuvent sans doute vivre au-dessous d'une certaine profondeur; toutefois, du fait de leur activité et malgré la faible solidité de leurs constructions, un résultat important est aujourd'hui nettement visible.

Les récifs d'Hermelles qui se développent depuis les bancs de sable du nord de Cherrueix jusqu'à la hauteur de Dragey, dans la direction du Cantonnement, continuent à s'accroître *en hauteur*, sinon en étendue; pareils à d'immenses troupeaux de *moutons couchés*, ils forment actuellement, sur une largeur d'environ $3^{km}$, une digue d'îlots, tantôt réunis, tantôt séparés, entre lesquels et en arrière desquels, d'année en année, s'accumulent les sables amenés par les courants. Les masses récifales, cela se conçoit, sont enfouies petit à petit; mais, comme elles végètent sans cesse à leur partie supérieure, leur muraille s'élève continuellement, consolidée par les sables qu'elle a arrêtés. Ces sables, avec les vases qui les continuent vers l'Est et vers le Sud, ont déjà tellement modifié l'estuaire du Couesnon que ce fleuve, dont les eaux s'écoulaient encore en 1790, bien à gauche du Mont-Saint-Michel, le long « des digues du grand marais de Dol », est maintenant refoulé vers les grèves cotentines et coule directement vers le Nord, entraînant avec lui les eaux de la Guintre, de la Sélune et de la Sée.

Tout le fond de la baie du Mont-Saint-Michel subit donc, du fait de la présence des Hermelles, un ensablement et un envasement continus; on peut estimer que l'épaisseur des dépôts qui, à l'époque du *Voyage* d'Audouin et de Milne-Edwards n'était que de 8 à 10 pieds, est aujourd'hui d'environ $5^m$ à $6^m$ (15 à 18 pieds); le sommet de la Grande-Bosse dépasse peut-être actuellement de $12^m$ le zéro des cartes marines.

Les conclusions, en face de ces faits, sont faciles à tirer : ce sont les Hermelles qui construisent, soit sur les bancs d'huîtres, soit sur des affleurements rocheux, de véritables digues qui arrêtent les sables amenés par les courants.

Il se produit ainsi un exhaussement graduel du sol marin, qui aboutira à un assèchement complet du fond de la baie; la mer rencontrera des diffi-

cultés de plus en plus grandes pour atteindre le Mont-Saint-Michel et, comme nous l'avons dit plus haut, la suppression de la digue ou sa transformation, ne peuvent apporter aucune amélioration à cet état de choses.

Pour permettre aux eaux de s'avancer plus loin vers le fond de la baie, il faudrait détruire, sans trop tarder, les récifs d'Hermelles, à la dynamite ou à la drague; par les modifications ainsi apportées à la topographie sous-marine, peut-être les courants arriveraient-ils à remporter vers la haute mer les sables accumulés. Mais ce résultat n'est nullement sûr; il exigerait, en tout cas, une étude très approfondie de la question, car on ne peut pas espérer défaire en quelques mois ce que la nature a mis 80 ans à édifier.

MICROBIOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *Les infections gangréneuses des plaies de guerre par germes anaérobies.* Note (¹) de MM. **G. Lardennois** et **J. Baumel**, présentée par M. A. Dastre.

Ce qui caractérise les infections gangréneuses par germes anaérobies, ce qui les différencie complètement des infections par germes aérobies, c'est la destruction rapide des tissus vivants, sans réaction inflammatoire de ceux-ci. Cette destruction, due aux produits de sécrétion microbienne, est comparable à une digestion.

Les agents pathogènes des processus gangréneux agissent *in vitro* sur les albuminoïdes, les hydrocarbones et aussi, fait moins connu, et que nos expériences nous ont enseigné, sur les graisses (²). Ils réduisent toutes ces substances en composés plus simples, dont certains sont malodorants, avec dégagement plus ou moins abondant de gaz, hydrogène, acide carbonique, etc.

*In vivo* leur action est analogue. Ils attaquent les tissus vivants et les décomposent en créant des produits toxiques. Les gaz ne sont qu'un sous-produit de cette transformation. Ils peuvent manquer dans les formes cliniques les plus graves.

Notre expérience, basée sur l'observation d'un peu plus de 500 cas d'infection grave par germes anaérobies et sur de nombreuses expérimentations, nous a montré que l'activité de ces germes s'exerce avec une pré-

(¹) Séance du 13 novembre 1916.

(²) Voir G. Lardennois et J. Baumel, *Les processus gangréneux tuméfiants et gazeux* (Communication à la Société médico-chirurgicale de la ...ᵉ armée, 29 septembre 1916).

dilection toute particulière sur les muscles, et accessoirement sur les capillaires sanguins et lymphatiques.

Injecté sous la peau d'un cobaye, une culture de vibrion septique de faible virulence peut n'être pas pathogène; la même, introduite dans un muscle contusionné peut engendrer la gangrène gazeuse. Le muscle est le terrain d'élection pour l'anaérobie; c'est en fait le lieu de production de la gangrène gazeuse. Aussi les plaies musculaires par projectiles qui meurtrissent et ébranlent le tissu autour de leur trajet se sont montrées à nous, dans certaines conditions, tout particulièrement redoutables, plus redoutables que les plaies articulaires elles-mêmes. Les gros muscles du membre inférieur nous ont fourni les cas de beaucoup les plus nombreux (78 pour 100), et les plus graves (95 pour 100 des morts). Les sujets très musclés et fatigués semblent offrir une prédisposition particulière. Ajoutons que les trois quarts de nos blessés atteints d'infection gangréneuse ne présentaient point de fracture. Enfin s'il s'agissait ordinairement de plaies par éclats d'obus, petits ou moyens, des cas rapidement mortels ont succédé à des blessures musculaires simples par balle, voire par balle de révolver.

L'action myolytique des anaérobies se manifeste d'abord par une tuméfaction locale. Le muscle apparaît gonflé, succulent, peu contractile, friable, se dilacérant facilement et ne saignant pas à la coupe. Il a une teinte verte avec souvent des taches brunes dues à des suffusions sanguines. La tuméfaction est souvent telle que le muscle, une fois l'aponévrose incisée, fait saillie au dehors. Après l'excision chirurgicale des parties sphacélées la brèche musculaire se comble rapidement. Histologiquement le processus correspond à une augmentation de volume de la fibre musculaire elle-même. Celle-ci perd sa striation et son imbibition hémoglobinique normale. Elle ne se colore plus.

Les noyaux du sarcolemme sont multipliés, mais il n'y a pas dans les cas typiques de réaction inflammatoire vraie. En coupe transversale, les champs musculaires irrégulièrement colorés apparaissent doublés et triplés de volume, se comprimant mutuellement. Cette tuméfaction particulière du muscle est un stade précoce de la gangrène. Elle s'accompagne de phénomènes généraux graves. Parfois le sujet est emporté avant qu'on perçoive gaz ou odeur. Plus souvent, il y a évolution vers la gangrène gazeuse typique. La destruction musculaire progresse, on peut la suivre jusqu'à l'infiltration gazeuse diffuse par des *examens radiographiques* successifs.

La tuméfaction musculaire maligne et la gangrène gazeuse s'accompagnent parfois d'œdème assez étendu. Il arrive que cet œdème soit plus

apparent que la lésion musculaire. Il s'agit d'un œdème spécial constitué par une sérosité jaune rougeâtre, fibrineuse. Cet épanchement paraît dû à la destruction des capillaires lymphatiques et sanguins. Cette sérosité contient des globules rouges et pas de leucocytes. Ce n'est pas une sérosité inflammatoire. Par contre, elle est infectante, l'inoculation au cobaye et, suivant le cas, au lapin entraîne souvent une septicémie gangréneuse. L'abondance des suffusions sanguines donne parfois un aspect particulier: « l'érysipèle bronzé ».

Les germes ordinaires de ces processus gangréneux sont : le vibrion septique, le perfringens, et aussi un streptocoque anaérobie facultatif, complice redoutable de l'un des précédents ou des deux à la fois. Des auteurs ont récemment décrit divers germes différenciés par eux du perfringens. Ces germes semblent, sur certains champs de bataille, du fait de conditions telluriques particulières et de la souillure progressive du sol, avoir acquis une virulence plus grande. L'association vibrion septique + perfringens et surtout l'association vibrion septique + perfringens + streptocoque entraîne une histolyse plus rapide et une gravité particulière. Nous l'avons vérifié expérimentalement.

Dans les cas les plus nombreux (41 sur 48), nos hémocultures assez précoces ont été négatives. L'infection gangréneuse maligne entraîne donc au début le plus souvent une toxémie et non, comme on l'a dit, une septicémie. Les germes ne passent dans le sang que plus ou moins tardivement. *La toxémie frappe le bulbe, mais jusqu'à la fin respecte le cerveau.*

Lorsqu'une intervention appropriée a enrayé la marche d'une gangrène grave, il arrive qu'après un répit de quelques jours s'installe une *septicémie à streptocoques aérobies* procédant sans doute de ces streptocoques anaérobies facultatifs dont nous avons parlé. Ces septicémies sont particulièrement rebelles et graves.

BACTÉRIOLOGIE. — *Sur la recherche des bacilles tuberculeux dans les expectorations et les divers liquides de l'organisme, et sur la recherche des fibres élastiques.* Note [1] de M. **H. Bierry**, présentée par M. A. Dastre.

J'ai précédemment indiqué un procédé de recherche des bacilles tuberculeux dans les expectorations [2], qui consiste à homogénéiser d'abord ces expectorations, puis à y déterminer la formation d'un précipité capable

(1) Séance du 13 novembre 1916.
(2) *Comptes rendus*, t. **163**, 1916, p. 110.

d'entraîner, par centrifugation, les bacilles disséminés dans la masse visqueuse.

La liquéfaction des crachats est obtenue, par addition d'hypochlorite de soude en quantité très faible et de soude diluée, à une température voisine de 35°-40°. Au mélange, on ajoute goutte à goutte de l'acide acétique dilué jusqu'à réaction légèrement acide et l'on provoque ainsi l'apparition d'un précipité qui se dépose rapidement par centrifugation, et qui renferme sous un petit volume, en outre des bacilles de Koch, de la mucine, des nucléoprotéides et des alcali-albumines ([1]).

Cette technique, légèrement modifiée, permet également de déceler les bacilles tuberculeux dans le sang, les exsudats et les transsudats séreux, le liquide céphalo-rachidien, les liquides purulents, le lait, etc. Les diverses expériences, entreprises à ce sujet, ont consisté d'abord à retrouver dans le sang, les exsudats, etc., de très petites quantités de bacilles tuberculeux qu'on y avait précédemment introduit, puis à rechercher et déceler les bacilles de Koch dans différents liquides provenant de malades présentant des formes diverses de tuberculose avérée.

Voici le mode opératoire suivi pour le sang, les exsudats pleuraux, le liquide céphalo-rachidien, mode opératoire applicable, à quelque variante près, aux autres liquides de l'organisme. On peut opérer avec un matériel stérile.

SANG. — Recueillir $1^{vol}$ de sang ($10^{cm^3}$ à $15^{cm^3}$) dans $1^{vol}$ de solution de soude (NaOH à 1 pour 100) :

---

([1]) J'ai pu au cours de nombreuses analyses (plus d'un millier), en appliquant cette méthode, simplifier le mode d'homogénéisation et d'obtention du précipité : A $1^{vol}$ de crachats, ajouter $1^{vol}$ de solution de soude (NaOH à 1 pour 100) et de l'eau de Javel (1 goutte pour $5^{cm^3}$ de crachats), chauffer à 35°-40°. La dissolution se fait très vite. On peut également abandonner le mélange à la température du laboratoire pendant 10 et 20 heures et chauffer ensuite à 40°, pour obtenir une homogénéisation excellente. Quand l'homogénéisation est complète, on ajoute à $1^{vol}$ de mélange, $1^{vol}$ d'eau distillée si l'on a affaire à des crachats muqueux, et $3^{vol}$ d'eau distillée s'il s'agit de crachats épais nummulaires (avec un peu d'habitude on arrive facilement à obtenir, sans avoir besoin de mesure précise, des liquides de densité et de viscosité convenables). Verser la liqueur dans un récipient en verre, bouché au caoutchouc, et l'additionner, goutte à goutte et en agitant, d'acide acétique dilué au $\frac{1}{30}$, de façon à *obtenir un léger précipité très divisé*. Centrifuger et opérer comme il a été indiqué dans les *Comptes rendus*.

J'ai été aidé dans ces nombreuses analyses par MM. Angibeau et Durain, attachés au laboratoire.

1° Homogénéiser en chauffant à 35°-40°. A 1^vol de mélange, ajouter 3^vol d'eau distillée; verser le tout dans un récipient cylindrique en verre muni d'un bouchon de caoutchouc.

2° Faire tomber dans la liqueur goutte à goutte et en agitant de l'acide acétique au $\frac{1}{100}$; chaque goutte d'acide détermine l'apparition d'un précipité qui se redissout par agitation; continuer jusqu'à formation d'un *très léger précipité permanent.*

3° Verser le liquide ainsi traité dans les tubes du centrifugeur. Centrifuger, décanter et recueillir le liquide surnageant, étaler le culot sur lames.

4° Ajouter au liquide décanté de l'acide acétique au $\frac{1}{100}$ jusqu'à formation de précipité. Centrifuger à nouveau et préparer des lames avec le second dépôt.

5° Les lames préparées avec les deux culots de centrifugation sont placées sur la platine chauffante. Chauffer chaque lame lentement, puis étaler avec une autre lame le culot épaissi en couche mince et uniforme (c'est le temps délicat de l'opération). La préparation prend *l'aspect du verre vernissé.*

6° Fixer, colorer par la méthode de Ziehl-Neelsen pour éliminer les acido-résistants. Verser la liqueur de Ziehl non pas directement sur la lame de verre, mais sur une petite feuille rectangulaire de papier buvard placée sur la préparation.

Exsudat de la plèvre. — Recueillir $1^{vol}$ ($10^{cm^3}$ à $15^{cm^3}$ d'exsudat séro-fibrineux) dans $1^{vol}$ de solution de soude NaOH à 1 pour 100. Homogénéiser à 35°-40°. Additionner le mélange goutte à goutte et en agitant, d'acide acétique dilué au $\frac{1}{100}$, jusqu'à formation d'un *léger précipité permanent* (on peut aussi employer l'acide trichloracétique au $\frac{1}{200}$). Centrifuger et continuer comme précédemment.

La mise du culot de centrifugation sur lames est assez délicate, elle doit se faire sur lames légèrement chauffées. La préparation *prend l'aspect du verre dépoli.*

Liquide céphalo-rachidien. — Recueillir $10^{cm^3}$ à $15^{cm^3}$ de liquide dans $10^{cm^3}$ à $15^{cm^3}$ de solution de soude NaOH à 1 pour 100. Homogénéiser. Ajouter ou non suivant la teneur en albumine (¹) $1^{vol}$ d'eau distillée. Continuer comme précédemment.

Dans tous les cas le précipité renfermant les bacilles de Koch peut être facilement lavé avec de l'eau physiologique stérile; il est assez fin pour pouvoir être injecté au cobaye avec une aiguille de seringue de Pravaz.

Fibres élastiques. — Les fibres élastiques, dont la présence dans les crachats indique une destruction du parenchyme pulmonaire, sont conservées intactes après ces manipulations. Il est facile de procéder à leur recherche, en même temps qu'à celle des bacilles tuberculeux, sur les lames préparées et colorées au Ziehl-Neelsen.

---

(¹) Le liquide céphalo-rachidien normal ne contient ni fibrinogène, ni sérumalbumine; il ne renferme que des traces d'albuminoïdes représentés surtout par des globulines, mais le liquide céphalo-rachidien obtenu par ponction, chez des malades atteints de méningite tuberculeuse, est assez riche en albumine.

La recherche des bacilles tuberculeux peut également se faire dans les liquides dépourvus d'albumine; il suffit alors de leur ajouter du sérum sanguin, dilué et préparé comme je l'ai indiqué (*Comptes rendus Soc. de Biol.*, 1er avril 1916). C'est ainsi que j'ai pu, en utilisant ce procédé, pratiquer la recherche du bacille de Koch dans des poussières émulsionnées avec de l'eau contenant du sérum sanguin.

En résumé, cette technique peut être employée pour la recherche des bacilles tuberculeux non seulement dans les expectorations, mais dans les divers liquides de l'organisme.

A 15 heures trois quarts l'Académie se forme en Comité secret.

## COMITÉ SECRET.

### SUR LES ÉTABLISSEMENTS AGRICOLES DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES; CE QU'ILS SONT, CE QU'ILS DEVRAIENT ÊTRE.

(Rapport de la Commission d'action extérieure de l'Académie des Sciences : MM. Jordan, *président;* d'Arsonval, Lippmann, Émile Picard, Haller, A. Lacroix, Le Chatelier; Tisserand, *rapporteur*.)

1. L'agriculture est assurément l'une des industries les plus importantes de notre pays.

Elle met en œuvre les 46 millions d'hectares cultivables de notre territoire. Le nombre des exploitations agricoles, grandes et petites, dépasse 3 millions et demi, et celui de ses travailleurs (propriétaires exploitants, fermiers, métayers, laboureurs et journaliers), avec leurs femmes et leurs enfants, approche de 18 millions de personnes.

Sa production annuelle était déjà, à la fin du siècle dernier, de 17 milliards et demi de francs; d'après les évaluations de 1913, elle aurait atteint près de 19 milliards.

Enfin, on peut dire que c'est la population rurale qui fournit à l'armée le plus de soldats et, qui plus est, les soldats les plus solides et les plus résistants.

On comprend dès lors combien grosse de conséquences est, pour l'avenir et la puissance de la France, la plus minime amélioration se répercutant sur des millions d'hectares et des millions d'individus.

2. L'agriculture française a déjà fait de notables progrès, puisqu'elle est arrivée à produire, à peu de chose près, de quoi suffire normalement aux besoins de la population en pain et en viande; on doit reconnaître néan-

moins, si l'on compare ses rendements par hectare à ceux des principales contrées qui nous avoisinent, qu'elle n'a pas réalisé et de beaucoup tout ce que le sol national est susceptible de donner.

Il faut non seulement ramener à la terre ceux qui la désertent pour les espérances si souvent décevantes du séjour à la ville, mais encore accroître la population de nos campagnes pour augmenter les forces vives du pays et en particulier celles de l'agriculture; or, pour cela, il est de toute nécessité de développer largement la production agricole.

Cette solution doit être au premier plan de nos préoccupations; elle s'impose d'autant plus aujourd'hui que nous avons à relever les ruines qui couvrent nos campagnes, à réparer les effroyables pertes de notre population et à panser les horribles plaies de la formidable guerre que l'odieuse kulture allemande nous a imposée.

Les Pouvoirs publics s'occupent de la reconstitution de notre cheptel, de la réfection de notre outillage et des remèdes à apporter à la crise de la main-d'œuvre, dont l'agriculture et toutes les industries souffrent cruellement et continueront à souffrir après la guerre.

Mais combien d'autres mesures sont à prendre tant par l'État que par l'initiative des associations agricoles et des corps scientifiques, au premier rang desquels l'Académie des Sciences doit prendre place.

Tout notre système d'encouragement, d'enseignement agricole et de recherches agronomiques est à reprendre de la base au sommet, pour l'approprier aux conditions nouvelles et le rendre plus efficace.

3. Il est surabondamment prouvé que les pays qui ont fait le plus de progrès et qui obtiennent de leur sol les plus riches moissons sont ceux qui ont multiplié chez eux les établissements de recherches et d'enseignement de l'ordre le plus élevé et préparé leur population rurale, par une solide instruction préalable, à les apprécier, à les accepter et avoir pleine confiance dans la Science.

Le programme que nous avons à suivre est dès lors tout tracé. Nous nous bornerons dans cette Note à rechercher, quant à présent, ce qu'il nous faut faire en ce qui concerne les établissements d'expérimentation d'ordre scientifique relevant des services agricoles, à savoir les *stations agronomiques et les laboratoires spéciaux*.

Notre objectif doit être, avons-nous dit, d'accroître la production agricole de la France et de mettre celle-ci au niveau qu'elle doit avoir.

Les problèmes qu'il comporte sont multiples et variés et pour les

résoudre il est indispensable d'avoir recours à l'aide de toutes les branches de la Science.

Cette multiplicité des connaissances exigées, jointe à la nécessité de plus en plus pressante de faire progresser l'art agricole, a amené tous les pays civilisés à chercher les moyens d'y satisfaire.

On a créé dans ce but, un peu partout, des laboratoires soit dans des fermes, soit au Muséum national d'Histoire naturelle, soit encore dans les universités, dans les académies et dans les principales écoles agronomiques.

A l'origine ce furent des savants, et non des moindres, qui prirent l'initiative de les organiser.

Ce fut à la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle Lavoisier qui introduisit, dans son domaine de Fréchines, sa puissante méthode d'expérimentation pour l'étude des phénomènes de la végétation des plantes cultivées, et il réussit, puisqu'il parvint à accroître notablement le revenu de sa terre.

Plus tard un grand agronome, Mathieu de Dombasle, chercha à suivre les traces du fondateur de la Chimie moderne, dans l'exploitation de la ferme de Roville, près de Nancy, où il découvrit le procédé de la diffusion pour l'extraction du sucre contenu dans la betterave.

Puis Boussingault fit de la ferme de Bechelbronn, en Alsace, le centre de ses mémorables recherches sur les végétaux et sur les animaux domestiques.

Au milieu du XIX<sup>e</sup> siècle, Liebig à l'Université de Giessen (duché de Hesse), Stöckhardt en Saxe, Lawes et Gilbert en Angleterre, s'inspirant des travaux des savants français, créèrent à leur tour des laboratoires de recherches et ouvrirent de nouvelles voies à l'agriculture.

Audouin, dans le même temps, découvrait au Muséum d'Histoire naturelle, par une étude attentive des mœurs de l'insecte, le moyen pratique de détruire la pyrale qui ravageait les vignes de la Bourgogne; Duchartre démontrait que, pour sauver le vignoble français et échapper au désastre dont le menaçait l'oïdium, il fallait recourir au soufrage de la plante; Baudement, un aide-naturaliste du Muséum, devenu professeur à l'ancien Institut agronomique, puis au Conservatoire des Arts et Métiers, devenait le fondateur de la Zootechnie moderne, en indiquant les méthodes rationnelles à suivre pour alimenter les animaux et perfectionner nos races domestiques.

Je ne puis omettre de citer encore les signalés services rendus par les Becquerel, par Naudin, Blanchard, Georges Ville, Deherain, Cornu et bien

d'autres, au Muséum national d'Histoire naturelle, dont l'enseignement fut spécialement créé par la Convention en 1793, pour l'étude des moyens propres à faire progresser l'agriculture et l'industrie.

Ai-je besoin enfin de rappeler ici les immortelles découvertes de Pasteur sur la pébrine du ver à soie, sur le charbon des espèces bovine et ovine, sur la rage, sur le vin, sur la bière, etc., et celles de ses savants continuateurs, découvertes qui eurent pour résultat d'éviter à l'agriculture des pertes se chiffrant par centaines de millions, de doter la viticulture, la brasserie, la vinaigrerie de méthodes de travail inestimables et de sauver combien de vies humaines!

Sans nous attarder par plus de citations qu'il nous serait facile de multiplier, nous pouvons proclamer hautement que tous les grands progrès réalisés dans le domaine de l'agriculture ont eu pour point de départ les travaux et les découvertes de la science.

La vulgarisation des merveilleux résultats ainsi obtenus a eu pour conséquence la création, par les Gouvernements, et la multiplication des stations agronomiques et des laboratoires spéciaux. Au commencement de ce siècle on en comptait une vingtaine dans le Royaume-Uni, une cinquantaine en Allemagne et Autriche, 21 en Russie, plusieurs en Hollande et dans les pays scandinaves. L'Italie en avait organisé pour la sériciculture et la viticulture. Il y en avait même dans l'Extrême-Orient.

En France nous en avions 47 et les États-Unis 55.

Le nombre de ces établissements a depuis continué à s'accroître en Europe, en Amérique, en Australasie et au Japon. Ils se sont surtout propagés de remarquable façon aux États-Unis où ils ont pris le caractère d'une institution d'État.

4. L'organisation des stations agronomiques aux États-Unis mérite d'être signalée.

Une loi spéciale (*Hatch Act*, 1887) a décidé qu'il serait prélevé sur le prix de la vente des terres nationales les sommes nécessaires pour fonder et entretenir une station agronomique par État confédéré.

Cette même loi a défini minutieusement le rôle que ces établissements ont à remplir : ils doivent se consacrer entièrement aux recherches scientifiques pour tout ce qui intéresse l'agriculture de l'État où chacun d'eux est situé. Ils disposent à cet effet de laboratoires, de serres, d'étables, d'écuries, de jardins, de champs d'expériences, de fermes même, pour les études de

physiologie végétale et animale, de botanique, de zoologie, de géologie, de génie rural, de mécanique, de zootechnie, etc. que comportent leurs travaux.

Pour accomplir la tâche qui leur est dévolue, les stations des États-Unis possèdent un personnel approprié à la nature et à l'importance des recherches qu'elles ont à faire; chacune d'elles a un directeur de grande notoriété et, autant qu'il lui en faut, de chefs de service, de techniciens et de préparateurs; elle dispose ainsi de 8, 10, 20 agents de toutes spécialités et souvent plus, suivant les besoins, de sorte qu'elle représente une sorte de ruche vivante, un groupement d'hommes de science, tous poursuivant avec ardeur, sans compter avec leur temps et leurs peines, le même but commun : le progrès de l'agriculture dans toutes les branches de son activité.

Dans les 53 stations qui étaient en plein fonctionnement il y a quelques années et dont nous possédons le décompte, le personnel comprenait :

| | |
|---|---|
| Chimistes | 148 |
| Botanistes | 52 |
| Entomologistes | 48 |
| Bactériologues | 20 |
| Biologistes | 7 |
| Physiciens | 7 |
| Géologues | 5 |
| Agronomes | 68 |
| Zootechniciens | 9 |
| Vétérinaires | 26 |
| Horticulteurs | 77 |
| Météorologistes | 17 |

On y comptait encore suivant les cas des hydrauliciens pour les irrigations, des professeurs de mécanique, etc.

Ce nombreux personnel était réparti entre les diverses stations à raison des sciences spéciales à appliquer dans chacune d'elles.

Pour assurer l'existence de ce grand service, l'*Act Hatch* accorde à chaque station une somme de 75000^fr par an qui doit être affectée exclusivement aux recherches et expériences; la loi est formelle à cet égard.

A cette somme s'ajoutent la subvention obligatoire de l'État fédéral où est installée la station, des dons et legs, la participation des associations agricoles et le produit des analyses et expertises faites par l'établissement, ainsi que celui qui provient de la vente des produits des serres, jardins, champs d'expériences et fermes en dépendant.

Ces ressources accessoires, qui servent à payer les frais d'administration et d'entretien, correspondent en moyenne au tiers de l'allocation du trésor fédéral, de sorte que les fonds qui sont à la disposition de chaque station atteignent pour le moins une centaine de mille francs par an ([1]).

Avec de pareilles sommes, les stations peuvent rémunérer largement leur personnel et assurer à celui-ci une situation qui lui permet de se consacrer aux recherches et de se livrer aux expériences, quelque coûteuses fussent-elles.

Elles ont un Conseil local qui s'occupe de leur gestion et de leur activité.

Le Congrès a voulu qu'elles fussent de plus reliées entre elles et que leur fonctionnement fût contrôlé par une autorité supérieure de haute compétence. Il a créé à cet effet, près du Ministère de l'Agriculture à Washington, un service scientifique central (Office of Experiment Stations) chargé de suivre leurs travaux, de les guider, de veiller au bon emploi des ressources dont elles disposent; d'examiner et de régler leur budget.

L'Office préside à la création et à l'organisation de toute station nouvelle; il choisit le personnel, reçoit les rapports de chaque station et statue sur leur publication; il redresse au besoin leurs procédés d'analyses ou d'expérimentation et indique les recherches à faire dans l'intérêt général; il propose les réformes et améliorations à introduire dans l'organisation des stations ou dans la composition de leur personnel; il veille en un mot à ce que chaque station rende le maximum de service et fasse un emploi utile de ses ressources.

Il a en outre pour mission de publier : 1° une revue mensuelle (*Experiment Station Record*) faisant connaître par une courte analyse toutes les publications nationales et étrangères, de nature à intéresser le personnel des stations;

2° Un bulletin mensuel (*Journal of Agricultural Research*) pour tenir les stations au courant des plus hautes applications qui ont été faites de la Science à l'Agriculture.

L'*Annuaire* du Ministère de l'Agriculture, qui est tiré à 500 000 ou 600 000 exemplaires, rend compte en outre chaque année des travaux effectués dans

---

([1]) Les fonds dont disposent actuellement les 63 stations agronomiques américaines ont été considérablement augmentés par suite de travaux importants qui leur ont été imposés (irrigation, « Dry farming », machines, étude physique et chimique des sols et sous-sols des territoires, etc.). Ils se sont élevés en 1912 à 19 277 731$^{fr}$. Le personnel comprend 1567 agents.

le courant de l'année écoulée par les diverses stations. C'est là un stimulant qui encourage les chercheurs et entretient l'activité de tout le personnel.

L'Office des stations a à sa tête un directeur et, comme collaborateurs, dix chefs de service, tous de compétence éprouvée, savoir : un météorologiste, un zootechnicien, un botaniste, un chimiste, un technologiste, un agronome, un entomologiste, un biologiste, un géologue, un statisticien.

Un bibliothécaire et des commis complètent ce personnel.

Le Conseil relève du Ministère de l'Agriculture. Un budget annuel de 175000$^{fr}$ sert à couvrir ses dépenses.

Le Service des Stations agronomiques des États-Unis, organisé comme nous venons de l'exposer, a fait ses preuves; il a donné les meilleurs résultats et contribué puissamment au développement de l'agriculture de tout le territoire des États-Unis.

5. En France nous avons à peu près autant, sinon plus de stations agronomiques que les États-Unis, si nous y comprenons les laboratoires spéciaux de recherches; mais l'organisation de nos établissements diffère totalement de celle des leurs.

Nos stations sont réparties très inégalement à la surface de notre territoire : il y a de grandes régions agricoles qui n'en ont pas, alors que certaines en ont plusieurs.

Elles ne sont rattachées par aucun lien entre elles, ni à une direction unique, ni à une station centrale; il n'existe pas de Conseil ayant pour tâche de veiller à leur fonctionnement, de contrôler leurs dépenses et surtout d'assurer le recrutement de leur personnel.

Elles sont généralement toutes spécialisées pour une seule branche de l'industrie agricole et ont par suite chacune un personnel réduit à un directeur assisté d'un ou deux préparateurs.

Elles ont des origines variables; les unes, ce sont les plus importantes, sont installées dans les grandes écoles d'agriculture et appartiennent à l'État; les autres sont des établissements qui, créés par des départements, des villes, des associations agricoles et même des Facultés, sont subventionnés par l'État.

6. Les crédits qui figurent au budget voté par le Parlement pour l'exercice 1913 s'élèvent à la somme totale de 339700$^{fr}$ ainsi répartie :

1° Stations relevant de la Direction de l'Agriculture, 124300$^{fr}$, soit 5636$^{fr}$ en moyenne par station;

2° Stations dans les attributions des services scientifiques et de la répression des fraudes, 207600fr, soit 9000fr en moyenne par station;

3° Station relevant de la Direction générale des Forêts, 7800fr.

Ajoutons à cela que les subventions votées par les Conseils généraux, par les municipalités et les associations agricoles, contrairement à ce qui se passe dans d'autres pays, sont de minime importance et à peu près négligeables, ce qui est fâcheux, car c'est un signe évident du peu d'intérêt qu'on attache aux recherches agronomiques.

On peut juger par là combien sont insuffisants les crédits alloués à nos stations, pour une juste rémunération du personnel et pour faire face aux frais d'expériences, d'installations, d'achat de mobilier et de matériaux que comporte l'étude scientifique des végétaux, des animaux et des problèmes multiples de l'outillage agricole et de ceux que soulèvent nos industries annexes.

Il suit de là que, pour pouvoir vivre, les stations françaises sont forcées de limiter le champ de leurs investigations, de renoncer aux recherches qui exigent quelques dépenses d'installation et de matériel, et que le personnel doit rechercher, au dehors, des fonctions qui assurent son existence et celle de sa famille, mais qui absorbent, au détriment de la station, la plus grande partie de son temps et de sa capacité de travail.

C'est malheureusement le cas de la plus grande partie de nos stations agronomiques, aussi leur rendement en services scientifiques va-t-il en diminuant jusqu'à devenir à peu près nul. Il n'y a guère que les stations d'entomologie et de pathologie végétale dans les services des épiphyties sous la direction de M. Roux, la Station d'essais de semences dirigée par M. Schribaux et la Station d'essais des machines agricoles dirigée par M. Ringelmann qui arrivent à faire des travaux d'un très réel intérêt.

Ce n'est pas, en définive, le nombre de nos établissements qui fait défaut, il y en a peut-être trop puisqu'il en résulte qu'on ne peut donner à chacun d'eux qu'une poussière de subvention !... Et cependant nous n'avons pas encore de station de recherches pour la physiologie animale et la zootechnie qui soulèvent tant de problèmes de haute importance sur l'alimentation des animaux, sur la production des forces animées et des multiples industries agricoles, sur l'amélioration des races bovine, ovine et porcine, etc.

C'est l'organisation de ces établissements, leur dotation financière et le mode de recrutement de leur personnel qui laissent à désirer et auxquels il faut porter remède si l'on veut en obtenir un bon rendement.

Pour la question d'argent, la solution est facile, le Parlement étant

toujours disposé à venir en aide à l'agriculture et à lui donner les moyens, quand ils sont reconnus nécessaires, de développer sa production; elle serait surtout facile si l'on pouvait se décider à se contenter de n'avoir, par région agricole bien définie, qu'une station solidement constituée et groupant les spécialités les plus importantes de la région.

Pour le personnel, les difficultés sont plus grandes, mais elles ne sont nullement insurmontables.

On ne doit pas oublier que la valeur des services des établissements dont nous nous occupons dépend avant tout et par-dessus tout de la qualité de leur personnel et du travail que celui-ci leur consacre. Il importe donc que le personnel soit composé d'hommes offrant toutes les garanties de compétence, d'autorité et de dévouement; pour cela il faut qu'il soit rémunéré à sa valeur.

Il faut que le directeur et les chefs de service soient choisis par un corps d'élite et non pris arbitrairement ou au concours, mode de choix qui a l'inconvénient grave d'écarter les hommes mûrs de haute valeur scientifique et ayant déjà acquis de la notoriété.

Le Muséum d'Histoire naturelle, les Facultés des sciences et les institutions de haut enseignement d'agriculture ou autres et une station agronomique centrale doivent de leur côté préparer et former la pépinière dans laquelle les stations pourront trouver l'armée des travailleurs scientifiques dont elles ont besoin pour donner à leurs travaux toute l'ampleur désirable.

Il serait même bon que les portes des stations elles-mêmes fussent largement ouvertes aux jeunes gens de nos écoles ou des Facultés, ou encore du Muséum, quand ils sont désireux d'y accroître leur instruction au contact des maîtres ou d'embrasser la carrière ouverte par les stations; pour les attirer et exciter leur émulation, on pourrait même leur donner une légère rémunération.

Enfin les laboratoires, les champs d'expériences, les étables d'expérimentation, etc. devraient être accessibles à tous ceux qui auraient des recherches à faire dans un but déterminé.

En Danemark, les établissements scientifiques qui ont des études à poursuivre sur la grande culture, sur les animaux domestiques, sur les machines, etc., trouvent toujours aisément des agriculteurs disposés à mettre à leur service tout ou partie de leur exploitation, pour leurs expériences; ils tiennent à honneur de collaborer aux travaux des savants et à leur donner toute l'assistance dont ils ont besoin.

En France, nos stations devraient suivre cet exemple; elles trouveraient

partout aujourd'hui des agriculteurs éclairés et tout aussi heureux que les Danois de leur donner un intelligent concours. Ce serait une simplification et une grande économie pour certaines recherches exigeant de grands espaces et de nombreux animaux.

C'est ainsi que, sans grands frais, la pratique peut contribuer aux travaux de la Science.

Je ne puis m'empêcher encore de rappeler un conseil que j'ai donné il y a bien des années aux directeurs de nos stations, à savoir de se mettre en rapport avec le monde rural en profitant une fois par an des grandes réunions agricoles de leur région pour exposer leurs travaux et en faire connaître les résultats.

Il faut le faire sous forme de causerie familière et sans grand apparat, de façon à inspirer confiance aux auditeurs, à provoquer leurs observations et à savoir leurs desiderata sur les questions qu'ils voudraient voir élucider.

C'est là un moyen facile de propager le progrès et d'amener le monde rural à s'intéresser à l'œuvre des stations.

Comme je l'ai dit plus haut, nos stations agronomiques n'ont pas de lien entre elles; elles existent sans se connaître, sans contact les unes avec les autres; elles s'ignorent et restent dans l'isolement.

Il faut établir ce lien pour leur donner plus de cohésion, plus d'unité, plus de vitalité. Les fonctionnaires des stations, en se réunissant de temps à autre, pourraient échanger leurs idées, s'entretenir de leurs travaux respectifs, de leurs procédés et profiter mutuellement de leur expérience. Il faut, d'autre part, qu'il y ait une publication spéciale qui fasse connaître leurs recherches, qui les stimule, les oblige à donner signe de vie et à travailler!

7. A la tête de toute organisation une direction unique, permanente et compétente est indispensable. C'est le cas d'appliquer ce principe aux stations et laboratoires spéciaux.

Ces établissements doivent absolument avoir une certaine autonomie; il importe que les maîtres qui leur consacrent leur vie et leur science aient la liberté de leurs mouvements et puissent se livrer de leur initiative propre aux travaux et recherches pour lesquels ils se croient les plus aptes, mais c'est à condition toutefois de travailler et de produire.

Il faut qu'en regard de cette liberté d'action il y ait, dans l'intérêt même de l'institution, un Conseil permanent d'une compétence et d'une autorité incontestées, qui soit chargé de coordonner les efforts des stations,

de leur donner le mouvement, de les contrôler et de faire le choix de leur personnel en dehors de toute influence extérieure et au-dessus de toute préoccupation étrangère au bon et fructueux fonctionnement de l'institution.

Ce Conseil, qui pourrait prendre le nom de *Conseil supérieur des stations agronomiques et des laboratoires spéciaux*, me semble, à raison des fonctions importantes qui lui seraient dévolues, devoir être composé : de membres de l'Académie des Sciences, de membres de l'Académie d'Agriculture et de professeurs de l'Institut national agronomique qui, eux aussi, devraient être désignés par l'Académie des Sciences comme ceux de toutes les écoles de haut enseignement.

Un tel Conseil représenterait toutes les spécialités qui rentrent dans les attributions des stations et laboratoires spéciaux et, quant à son autorité, elle serait au-dessus de toute contestation possible.

## 8. Conclusions.

En résumé, nous estimons que l'organisation des stations agrononiques et des laboratoires spéciaux de recherches doit être revisée pour donner à ces établissements plus d'ampleur, plus de cohésion, une vitalité plus grande, une existence plus féconde et, pour combler les lacunes que présente actuellement l'institution :

1° Il convient d'abord d'en définir le rôle : les *stations agronomiques* sont des établissements de recherches de sciences pures et de sciences appliquées; elles s'occupent de toutes les questions qui intéressent l'agriculture du pays et travaillent à en favoriser le progrès. Elles forment des groupements de savants et de techniciens.

Les *laboratoires spéciaux* ont le même but, mais sont spécialisés en vue de recherches et d'études sur une seule branche de l'agronomie.

Les stations agronomiques et les laboratoires spéciaux doivent consacrer tout le temps de leur personnel aux recherches scientifiques et tous leurs fonds, y compris les ressources provenant des travaux effectués pour les particuliers, aux recherches, aux installations et au matériel de leurs laboratoires et de leurs champs d'expériences.

Ces établissements pourront se livrer à des analyses de sol, d'eaux, d'engrais, de denrées alimentaires, fourragères ou autres; à des expertises ou à des recherches d'intérêt privé, à la demande de particuliers ou d'associa-

tions agricoles, tous travaux rémunérés d'après un tarif homologué; mais c'est à condition que ce soit, quand ces travaux ont quelque importance, dans un local distinct et avec un personnel particulier autre que celui qui est affecté aux recherches scientifiques et aux études d'ordre public.

Les fonds provenant de ces travaux ne pourront pas servir à améliorer les traitements ou indemnités que recevra le personnel.

2° Les stations agronomiques et les laboratoires spéciaux doivent être des établissements autonomes, sous réserve de leur subordination à un Conseil supérieur dont la composition et le rôle sont définis plus loin.

3° Il est indispensable de développer ou de créer dans la région parisienne ou dans son voisinage une station centrale complète, avec des laboratoires spéciaux, lesquels seraient chargés des études d'un caractère *strictement scientifique*, pouvant intéresser l'ensemble du pays, ou d'une envergure trop considérable pour être effectuées utilement dans les stations régionales.

4° Il est désirable qu'indépendamment des stations centrales établies dans la région parisienne, il y ait autant que possible une station agronomique par grande région agricole de façon à concentrer dans un même établissement toutes les ressources affectées aux études intéressant chaque région.

Il est nécessaire que les lacunes existant actuellement pour les recherches de grande envergure soient comblées (stations zootechniques, stations de machines et de génie rural, etc.).

5° Des stations agronomiques et des laboratoires spéciaux peuvent être installés dans toute localité possédant une spécialité d'un intérêt particulier (œnologie, sériciculture, oléiculture, etc.).

6° Les stations agronomiques et les laboratoires spéciaux ne devraient être créés qu'autant qu'ils seraient pleinement assurés d'avoir les ressources indispensables pour accomplir leur tâche entière.

Les Conseils généraux des départements, les municipalités et les associations agricoles devraient concourir à leur entretien au moyen de subventions annuelles.

7° Ces établissements devraient avoir la personnalité civile pour pouvoir disposer de leurs produits et recevoir des dons et legs.

8° Ils devraient être accessibles, dans des conditions déterminées par le Conseil supérieur, à toutes les personnes qui seraient désireuses de s'instruire en collaborant aux travaux des maîtres ou de faire des recherches particulières dans le domaine de l'agronomie.

9° Il est de toute nécessité, dans l'intérêt de l'Institution, qu'un Comité spécial, sous le nom de *Conseil supérieur des stations agronomiques et des laboratoires spéciaux de recherches*, soit créé à Paris.

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

Ce Conseil aurait pour mission :

*a*. De veiller au bon fonctionnement des stations et laboratoires; de les guider et orienter dans la voie assignée à leurs efforts, de régler leur budget et de s'assurer du bon emploi des fonds mis à leur disposition.

*b*. De donner son avis sur les améliorations et les réformes à introduire dans les méthodes de recherches et dans l'administration de chaque établissement et de provoquer au besoin les recherches à faire dans l'intérêt des diverses branches de l'agriculture.

*c*. D'examiner les demandes de création d'établissements nouveaux et de statuer sur leur organisation.

*d*. De choisir le personnel des directeurs et des chefs de services ou de travaux des stations agronomiques et des laboratoires de recherches.

Les nominations seraient faites d'après les listes qu'il présenterait.

Il proposerait au Ministre les récompenses, les avancements, les mutations et les renvois.

*e*. Il favoriserait la réunion du personnel des stations et laboratoires en assemblée générale une fois tous les deux ans au moins, aux époques indiquées par lui, pour s'occuper des améliorations désirables et des questions qui lui seraient soumises par le Gouvernement ou par le Conseil supérieur.

*f*. Il pourrait déléguer un ou plusieurs de ses membres pour visiter ceux des établissements qu'il jugerait nécessaire.

*g*. Le Conseil supérieur rendrait compte, dans un rapport annuel, des travaux effectués, des résultats obtenus pendant l'année écoulée et de l'emploi des fonds.

*h*. Enfin, il dirigerait la publication d'un *Bulletin mensuel des stations agronomiques et des laboratoires spéciaux* et de notices pratiques destinées aux agriculteurs.

Le bulletin, en outre de la reproduction des rapports de ces établissements, dont la publication serait reconnue utile, donnerait l'analyse sommaire des Mémoires, livres, brochures et documents parus dans tous les

pays du monde et dont la connaissance serait de nature à éclairer et à intéresser le personnel des stations et laboratoires.

10° Telles sont les bases essentielles sur lesquelles nous désirerions voir établir l'institution de nos établissements de recherches dans l'intérêt de la prospérité de l'agriculture et pour le bien de la France.

Nous n'insistons pas sur l'importance du rôle que peut et doit jouer la Science pour le relèvement de notre agriculture et sur la grandeur de la tâche dévolue aux stations pour le progrès agricole.

Telle est l'immensité des intérêts en jeu que pour donner une idée, même incomplète, des résultats à espérer, nous ne citerons qu'un seul chiffre :

Que grâce aux travaux et aux découvertes de la Science et à une pratique éclairée pour les appliquer, on obtienne une bien minime augmentation de nos récoltes, une augmentation par exemple de $100^{kg}$ sur le rendement du blé par hectare [1], et nous produirons en plus par an 625 millions de kilogrammes de grain valant près de 200 millions de francs et pouvant nourrir un supplément de population de 2 millions au moins d'habitants.

De tels résultats, pour une seule culture et leur répercussion certaine sur les millions d'hectares des autres cultures, sont bien faits, on en conviendra, pour justifier les efforts que nous demandons à nos gouvernants, à nos savants et à nos agriculteurs.

Après discussion, l'Académie approuve les conclusions de ce rapport.

La séance est levée à 17 heures et demie.

G. D.

---

(1) La France a produit par hectare (moyenne des 10 années qui ont précédé la guerre) $1350^{kg}$ de blé; pendant l'année 1913 l'Angleterre en a donné $2600^{kg}$, la Belgique autant, la Hollande $2400^{kg}$, la Suisse $2200^{kg}$ et le Danemark $3200^{kg}$. Comme on peut en juger, ce n'est pas de $100^{kg}$ par hectare qu'il faudrait demander le relèvement de nos 6 à 7 millions d'hectares cultivés en blé, mais de $500^{kg}$ à $600^{kg}$ au grand minimum.

## BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS DANS LES SÉANCES DE JUILLET 1916 (*suite et fin*).

*L'œuvre sismologique de J. Milne*, par F. DE MONTESSUS DE BALLORE. Extrait de la *Revue des questions scientifiques*, avril 1914. Louvain, Ceuterick, 1914; 1 fasc. in-8°.

*Las voces del Coloso de Memnon ante la Sismologia*, por F. DE MONTESSUS DE BALLORE. Extrait de la *Revista Chilena de Historia y Geografia*, t. XVIII. Santiago de Chile, Imprenta universitaria, 1916; 1 fasc. in-8°.

*Bibliografia general de temblores y terremotos*, por F. DE MONTESSUS DE BALLORE tercera parte : *Paises circunmediterraneos;* cuarta parte : *Asia, Africa y Oceania*. Santiago de Chile, Imprenta universitaria, 1915 et 1916; 2 vol. in-8°.

Societa reale di Napoli. *Atti della reale Accademia di Archeologia, lettere e Belle-Arti*, nuova serie, t. IV. Napoli, Achille Cimmaruta, 1916; 1 vol. in-8°.

*Memorie della pontificia Accademia romana dei nuovi Lincei*, t. XXII et 2e série, t. I. Roma, Tipografia pontificia, 1914 et 1915; 2 vol. in-4°.

R. Osservatorio astronomico al Collegio romano. *Memorie ed Osservazioni*, pubblicate per cura di E. MILLOSEVICH; 3e série, t. VI, parte II ed ultima. Roma, Tipografia dell' Unione editrice, 1916; 1 vol. in-4°.

*Catalogo astrografico* 1900,0, *sezione vaticana, decl. da* + 55° *a* + 65°, *sopra fotografie eseguite e misurate all' Osservatorio vaticano e calcolate all' Osservatorio di Oxford*. Tomo I : *Coordinate rettilinee e diametri di immagini stellari su lastre il cui centro è in declinazione* + 64°. Roma, Tipografia poliglotta vaticana, 1914; 1 vol. in-4°.

Specola astronomica vaticana, VII. *Neuer Katalog farbiger Sterne zwischen dem Nordpol und 23 Grad südlicher Deklination*, von FRIEDRICH KRÜGER. Wien, Hof und Staatsdruckerei, 1914; 1 vol. in-4°.

R. Osservatorio di Catania. *Catalogo astrofotografico* 1900,0, *zona di Catania fra le declinazioni* + 46° *E*. + 55°; t. III, parte I : *Declinazione* + 48° *a* + 50°, *ascensione retta* $0^h$ *a* $3^h$. Catania, Giannotta, 1915; 1 vol. in-4°.

*Epicentri dei terremoti disastrosi dell' Appennino e suoi prolungamenti*, par A. RICCO. Modena, Societa tipografica modenense, 1915; 1 fasc. in-8°.

*Trabalhos da Academia de Sciências de Portugal*, 1re série, t. III. Coimbra, 1915; 1 vol. in-8°.

*Report on the progress of agriculture in India for* 1914-1915. Calcutta, Superintendent Government printing Office, 1916; 1 vol. in-8°.

*Summary report of the geological Survey Department of Mines, for the calendar year* 1915. Ottawa, Taché, 1916; 1 vol. in-8°.

*Statistiek van de Scheepvaart in Nederlandsch-Indië over het jaar* 1915, samengesteld bij het Hoofdbureau van Scheepvaart. Weltevreden, Albrecht, 1916; 1 vol. in-8°.

OUVRAGES REÇUS DANS LES SÉANCES D'AOÛT 1916.

*Sulla fase iniziale della scarica in campo magnetico;* Memoria del prof. sen. AUGUSTO RIGHI. Bologna, Gamberini e Parmeggiani, 1916; 1 fasc. in-4°.

*Recherches physiologiques sur la Moule comestible de Provence* (Mytilus gallo-provincialis *L.*) *et sur la Mytiliculture en Méditerranée*, par HENRI MARCHAND. Lyon, A. Rey, 1916; 1 vol. in-8°.

*Étude photographique des taches solaires*, par le R. P. S. CHEVALIER; extrait des *Annales de l'Observatoire de Zô-Sè*, t. IX, 1913. Imprimerie de T'ou-sè-wè, Zi-ka-wei, Chang-hai; 1 fasc. in-4°. (Présenté par M. Puiseux.)

*Les essais français de culture marine en Méditerranée. Leur avenir après la guerre*, par RAPHAËL DUBOIS. Extrait du Volume des Conférences de l'*Association française pour l'avancement des sciences*. Paris, Hôtel des Sociétés savantes, 1916; 1 fasc. in-8°.

*Quelques lettres de M. Emery au physicien Georges-Louis Le Sage, conservées à la Bibliothèque de Genève*, par ERNEST JOVY. Paris, Société française d'Imprimerie et de Librairie, 1916; 1 vol. in-8°.

*Des coups de bélier. Expériences de Verenon* (*coups de bélier et réservoirs d'air*), par le comte DE SPARRE. Lyon, 2e Congrès de la Houille blanche, 1914; 1 fasc.

Gouvernement de l'Indo-Chine. Observatoire central. Service météorologique. *Bulletin pluviométrique*, publié par G. LE CADET; Tableaux mensuels, annuels et Carte, année 1915; Phu-Lien, Observatoire central, 1916; 1 fasc. in-folio.

*Bulletin de l'Académie malgache*, vol. XII (première partie), année 1913. Tananarive, Imprimerie officielle, 1915; 1 vol. in-8°.

*Alcune considerazioni sulla flora marina*, par G.-B. DE TONI. Extrait de la *Nuova notarisia*, serie XXVII, avril-juillet 1916. Padova, tipografia del seminario, 1916; 1 fasc. in-8°.

(*A suivre.*)

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 27 NOVEMBRE 1916.

PRÉSIDENCE DE M. CAMILLE JORDAN.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les intégrales de différentielles totales relatives aux surfaces algébriques régulières.* Note de M. **Émile Picard**.

1. J'ai démontré autrefois la proposition suivante [1] relative aux intégrales de différentielles totales de troisième espèce correspondant à une fonction algébrique quelconque de deux variables : *Sur une surface algébrique, on peut tracer* $\rho$ *courbes algébriques irréductibles particulières*

$$C_1, C_2, \ldots, C_\rho$$

*telles qu'il n'existe pas d'intégrale de différentielle totale de troisième espèce, ayant seulement pour courbes logarithmiques la totalité ou une partie de ces courbes* C, *mais telles qu'il existe une intégrale ayant seulement pour courbes logarithmiques une* $(\rho+1)^{\text{ième}}$ *courbe algébrique irréductible quelconque* $\Gamma$ *de la surface, et la totalité ou une partie des courbes* C.

Il est nécessaire de rappeler rapidement les considérations dont j'ai fait usage et pour le détail desquelles je renvoie au Livre cité. On envisage $2p$ intégrales distinctes de seconde espèce :

$$(1) \qquad I_i = \int \frac{Q_i(x, \bar{y}, z)\,dx}{f'_z} \qquad (i = 1, 2, \ldots, 2p)$$

---

[1] *Annales de l'École Normale*, 1901. On peut aussi consulter ma *Théorie des fonctions algébriques de deux variables*, t. II, Chap. IX, p. 231.

relatives à la courbe entre $x$ et $z$ :

$$f(x, \overline{y}, z) = 0 \tag{2}$$

$[f(x, y, z) = 0$ étant l'équation de la surface de degré $m]$, les $Q_i$ étant des polynomes en $x$, $y$ et $z$.

Une courbe algébrique $C_h$ étant donnée sur la surface, on considère ensuite une intégrale de troisième espèce relative à la courbe (2), ayant pour points logarithmiques les points de $C_h$, correspondant à la valeur $\overline{y}$, avec la période logarithmique *un*, et en outre *un des points* à l'infini de la courbe (2). Désignons cette intégrale par $J_h$, et faisons successivement $h = 1, 2, \ldots, \lambda$, en posant $\lambda = \rho + 1$. On peut déterminer les fonctions rationnelles $a$ de $y$, et les constantes $c$ de manière que les périodes, regardées comme fonctions de $y$, de l'intégrale relative à la courbe (2)

$$a_1 I_1 + a_2 I_2 + \ldots + a_{2p} I_{2p} + c_1 J_1 + \ldots + c_\lambda J_\lambda \tag{3}$$

ne dépendent pas de $y$. La considération du groupe de monodromie d'une certaine équation différentielle linéaire E, qui a joué un rôle essentiel dans toutes mes recherches sur les fonctions algébriques de deux variables, conduit à former le système d'équations du premier degré relatives aux constantes P et $c$,

$$P_i = m_1^i P_1 + m_2^i P_2 + \ldots + m_{2p}^i P_{2p} + c_1 \mu^i + c_2 \nu^i + \ldots + c_\lambda \pi^i \quad (i = 1, 2, \ldots, 2p) \tag{4}$$

pour chacune des substitutions fondamentales du groupe de E (les $m$, ainsi que les $\mu$, $\nu$, $\ldots$, $\pi$, sont des entiers). Si nous prenons pour courbes $C_h$ les courbes $C_1$, $C_2$, $\ldots$, $C_\rho$ et $\Gamma$, l'ensemble de ces équations admettra une solution avec les constantes $c$ non toutes nulles. On aura certainement $c_\lambda \neq 0$; de plus, les rapports des $c$ sont déterminés, car s'il y avait plus d'une arbitraire, on pourrait former une intégrale avec les *seules* courbes logarithmiques $C_1$, $C_2$, $\ldots$, $C_\rho$. On peut donc supposer que les $c$ sont des nombres entiers parfaitement déterminés.

Les équations donnant les fonctions *rationnelles* $a_1$, $a_2$, $\ldots$, $a_{2p}$ de $y$ sont

$$a_1 \omega_i^1 + a_2 \omega_i^2 + \ldots + a_{2p} \omega_i^{2p} + \Upsilon_i = P_i \quad (i = 1, 2, \ldots, 2p), \tag{5}$$

où l'on a posé

$$\Upsilon_i = c_1 \upsilon_i^1 + c_2 \upsilon_i^2 + \ldots + c_\lambda \upsilon_i^\lambda,$$

les $\omega$ et les $\upsilon$ étant les périodes des I et des J, la signification des indices étant évidente.

L'expression (3) ainsi déterminée permet de former une intégrale de différentielle totale

$$\int R\,dx + S\,dy,$$

où R et S sont rationnelles en $x$, $y$ et $z$, ayant les *seules* courbes logarithmiques $C_1, C_2, \ldots, C_\lambda$. Elle peut avoir une autre ligne d'infini (non logarithmique), à savoir la courbe à l'infini de la surface.

Nous supposerons dans la suite que les cycles $(1, 2)$, $(3, 4)$, ..., $(2p-1, 2p)$ sont les couples de cycles formant les rétrosections classiques sur la surface de Riemann relative à $f(x, \bar{y}, z) = 0$.

Prenons la somme

$$\omega_1^h(\Upsilon_2 - P_2) - \omega_2^h(\Upsilon_1 - P_1) + \omega_3^h(\Upsilon_4 - P_4) - \omega_4^h(\Upsilon_3 - P_3) + \ldots$$

qui correspond à une combinaison normale. On voit facilement, à cause des relations (4), que cette expression ne change pas, quand on effectue sur les $\omega$ et les $\upsilon$ les substitutions correspondant à une circulation de $y$; ceci revient d'ailleurs au fait que les $a$ sont des fonctions rationnelles de $y$.

2. Ces résultats antérieurs sommairement rappelés, supposons maintenant que *la surface donnée soit régulière*, c'est-à-dire qu'elle n'ait pas d'intégrales de différentielles totales transcendantes de seconde espèce, ou, ce qui revient au même, que tous ses cycles linéaires se ramènent à zéro, ce qui d'ailleurs est le cas général pour une surface algébrique. Ici les rapports des P et des $c$ du paragraphe précédent sont entièrement déterminés; nous pouvons donc supposer que tous ces nombres sont des entiers. De plus, pour les surfaces régulières, les intégrales de première espèce de la courbe entre $x$ et $z$ représentée par l'équation $f(x, y, z) = 0$, peuvent être prises sous la forme

$$\int \frac{Q_i(x, y, z)\,dx}{f'_z} \qquad (i = 1, 2, \ldots, p),$$

les Q représentant des polynomes adjoints d'ordre $m-3$ de la surface envisagée.

On va donc supposer que les intégrales $I_1, I_2, \ldots, I_p$ précédemment envisagées sont de première espèce, les autres $I_{p+1}, \ldots, I_{2p}$ seront de seconde espèce.

Dans ces conditions, les

$$\omega_i^1, \quad \omega_i^2, \ldots, \omega_i^p$$

sont holomorphes pour $y = \infty$, et les développements commencent par un terme en $\frac{1}{y}$.

La combinaison formée plus haut

$$(6) \qquad c_1 J_1 + c_2 J_2 + \ldots + c_\lambda J_\lambda$$

qui est une intégrale de troisième espèce relative à la courbe (2), n'a d'autres infinis (et ce sont des infinis logarithmiques simples) que les points de rencontre de $y = \bar{y}$ avec les courbes C. Pour $y = b$ (les $b$ correspondant aux plans tangents parallèles au plan des $xz$), le genre de la courbe (2) diminue d'une unité; il y a en plus deux infinis logarithmiques nouveaux sur les deux branches de courbe passant par le nouveau point double que présente alors la courbe.

Le point $y = b$ est un point singulier logarithmique pour les $\upsilon$, comme il l'est pour les $\omega$. Les $\upsilon$ n'ont pas d'autres points singuliers que les $b$; de plus, on peut supposer que, pour $y = \infty$, l'intégrale (6) se transforme en une intégrale parfaitement déterminée. Soit en effet la courbe gauche C mise sous la forme

$$A(x, y) = 0, \qquad z = \frac{P(x, y)}{Q(x, y)},$$

P et Q étant de degrés $\mu + 1$ et $\mu$. Soient en outre $a(x, y)$, $p(x, y)$, $q(x, y)$ et $\varphi(x, y, z)$, les termes de degré le plus élevé dans A, P, Q et $f$. On peut s'arranger de manière que l'intégrale J relative à C devienne, pour $y = \infty$, une intégrale relative à la courbe

$$\varphi(x', 1, z') = 0$$

et ayant comme uniques infinis (logarithmiques) les points correspondant à

$$a(x', 1) = 0, \qquad z' = \frac{p(x', 1)}{q(x', 1)} \qquad (\text{on a posé } x = x'y, \quad z = z'y),$$

cela pour chacune des courbes $C_1, C_2, \ldots, C_\lambda$. Dans ces conditions, il arrive que les $\upsilon$ sont holomorphes pour $y = \infty$.

3. Nous nous proposons maintenant d'étudier les $2p$ équations (5), en $a_1$, $a_2, \ldots, a_{2p}$.

*Je dis d'abord que* $a_{p+1} = \ldots = a_{2p} = 0$.

Multiplions en effet ces équations respectivement par

$$-\omega_2^h, +\omega_1^h, -\omega_4^h, +\omega_3^h, \ldots, -\omega_{2p}^h, +\omega_{2p-1}^h$$

et faisons la somme. En donnant successivement à $h$ les valeurs 1, 2,..., $2p$, nous obtiendrons un système équivalent au premier. Or considérons les $p$ premières de ces équations; elles seront homogènes et linéaires en $a_{p+1}, \ldots, a_{2p}$, car les coefficients des autres $a$ et les termes indépendants des $a$ sont des fonctions uniformes de $y$, partout holomorphes, et dont le développement, dans le voisinage de $y = \infty$, commence par un terme en $\frac{1}{y}$; tous ces coefficients et tous ces termes sont donc nuls. On tire de là immédiatement :

$$a_{p+1} = a_{p+2} = \ldots = a_{2p} = 0.$$

Je dis maintenant que les *p premiers a sont des fonctions linéaires et entières de y*. On peut le voir en recourant à l'analyse de ma *Théorie des fonctions algébriques* (t. II, p. 428 et suiv.), analyse développée pour un autre but. La seule différence consiste en ce que, dans les équations (5), on a les termes en $v$, mais leur présence ne change rien aux raisonnements.

Il résulte de là que *nous avons formé une intégrale de différentielle totale de troisième espèce avec une seule période* (*entière*)

$$\int \mathrm{R}\, dx + \mathrm{S}\, dy, \tag{7}$$

*ayant les courbes logarithmiques* (*simples*) $C_1$, $C_2$, ..., $C_\lambda$, *c'est-à-dire devenant infinies d'une manière purement logarithmique suivant toutes ces courbes ou quelques-unes d'entre elles* ($C_\lambda$ *étant certainement l'une d'elles*), *et n'ayant aucune autre courbe d'infini* (*polaire ou logarithmique*).

On en conclut que l'expression

$$e^{2\pi i \int_{(x_0, y_0, z_0)}^{(x, y, z)} \mathrm{R}\, dx + \mathrm{S}\, dy}$$

*est une fonction rationnelle de* $(x, y, z)$. Par suite, l'intégrale (7) est de la forme

$$\mathrm{A} \log \mathrm{T}(x, y, z),$$

T étant rationnelle en $(x, y, z)$, et A une constante.

4. Soit maintenant

$$\mathrm{I} = \int \mathrm{P}\, dx + \mathrm{Q}\, dy \tag{8}$$

une intégrale de différentielle totale algébrique, absolument quelconque, correspondant à notre surface régulière $f$. Désignons ses courbes logarithmiques (qui peuvent être aussi en même temps des lignes d'infini *non* logarithmiques) par $D_1, D_2, \ldots, D_s$. On peut former avec $C_1, C_2, \ldots, C_\rho$ et $D_i$ une intégrale de la forme

$$A_i \log T_i(x, y, z), \tag{9}$$

la période logarithmique de (9) pour $D_i$ étant égale à celle de l'intégrale (8). Si l'on fait la différence

$$I - \Sigma A_i \log T_i(x, y, z), \tag{10}$$

on aura une intégrale de différentielle totale qui ne pourra avoir *d'autres courbes logarithmiques* que les courbes $C_1, C_2, \ldots, C_\rho$, ce qui est impossible. La différence (10) sera donc une intégrale de seconde espèce, c'est-à-dire, puisque la surface est régulière, une fonction rationnelle $H(x, y, z)$. On a donc

$$I = H(x, y, z) + \Sigma A_i \log T_i(x, y, z).$$

Par suite, *pour une surface algébrique régulière, toute intégrale de différentielle totale est une expression algébrico-logarithmique.*

Nous retrouvons donc le théorème énoncé par M. Severi [1], et que l'éminent géomètre italien a établi par des considérations géométriques assez délicates. Il était intéressant de le déduire de l'analyse même qui m'avait conduit à la notion du nombre $\rho$, fondamental dans la théorie des courbes algébriques tracées sur une surface algébrique.

ASTRONOMIE. — *Sur l'emplacement et les coordonnées de la station astronomique de l'île Notre-Dame. — Les travaux d'Auzout.* Note de M. G. **Bigourdan**.

Cette station est celle où Auzout fit une partie de ses observations, — construisit ses lunettes, les plus grandes qu'on eût vues jusqu'alors, — inventa le micromètre à fil mobile tel que nous l'employons aujourd'hui, etc.; elle intéresse donc l'histoire de l'Astronomie à Paris, et cependant sa position est restée inconnue.

---

(1) F. Severi, *Sulla totalità delle curve algebriche tracciate sopra una superficie algebrica* (*Mathematische Annalen*, t. 62, 1906).

Auzout fut un modeste, dont on ignore la vie, même l'époque de sa naissance (¹); longtemps il s'était défendu de rien faire imprimer, sachant, dit-il, l'embarras et les mauvaises suites qu'emporte avec soi la qualité d'auteur (²). Aussi n'a-t-il laissé que quelques écrits de peu d'étendue, dont on donne une liste généralement incomplète; et plusieurs de ses ouvrages, restés inédits, sont aujourd'hui perdus.

La plus ancienne invention capitale d'Auzout est peut-être celle du micromètre à fil mobile, mais on ne sait à quelle époque il faut la faire remonter. Quand il en publia la description (1667), il l'avait, dit-il, réalisé « depuis longtemps ».

---

(¹) Adrien Auzout naquit à Rouen dans la première moitié du XVIIᵉ siècle; ce serait en 1630, d'après certains auteurs, mais ce qui suit montrera combien cela est douteux. D'après Baillet (*Vie de Descartes*, t. II, p. 330), en 1647, et à Rouen peut-être, il aurait conseillé Pascal dans ses expériences sur le vide. On ignore également l'époque de sa venue à Paris, où nous le trouvons pour la première fois en 1645, aux réunions qui se tenaient chez le P. Mersenne (Baillet, t. II, p. 345). Le privilège de sa *Lettre à M. l'abbé Charles*... est du 8 mai 1651 et porte qu'Auzout a « composé plusieurs Traitez de *Geometrie, et sur toutes les parties des Mathematiques, la Dioptrique*, etc. ». En 1652 il observa l'éclipse de Soleil du 7-8 avril avec Petit, le Tenneur et Buot. D'après M. Wolf (*Hist. Obs.*, p. 21), il avait présenté un plan pour l'Observatoire, et ses papiers sont perdus depuis longtemps.

Souvent, vers 1664-1666, il se plaint de son état de santé, qui ne lui permet pas de s'appliquer assidûment aux observations de nuit, de terminer ses ouvrages, etc.

C'est à Rome qu'il observa la déclinaison magnétique au commencement de 1670, l'éclipse de Lune du 23 septembre suivant et celle du 18 septembre 1671; mais il se trouvait à Paris, à l'Observatoire, lors de celle du 29 octobre 1678; il s'y trouvait également le 16 avril 1682.

Dans la suite on ne rencontre plus rien de lui, mais on sait qu'il vécut à Rome où il mourut après Pâques de 1691 (Baillet, t. II, p. 562). D'après l'abbé Galloys (Introduction de l'Ouvrage intitulé *Divers Ouvrages de Mathématiques et de Physique de Messieurs de l'Académie royale*, 1693), sa curiosité l'avait porté à voyager en Italie; mais Pingré (*Ann. cél.*, p. 496) dit qu'il fut « mécontent peut-être de ce qu'on ne l'employait pas dans les grandes opérations de l'Académie, et de ce qu'on semblait lui préférer d'autres astronomes... ». Cela toutefois s'accorde peu avec le caractère qui ressort de ses écrits. Il s'occupa beaucoup d'architecture, et, dit Lister (*Voyage à Paris* en 1698, p. 97), il avait beaucoup étudié et expliqué Vitruve et Julius Frontinus.

Il serait intéressant de faire à Rouen des recherches qui peut-être permettraient de fixer définitivement l'époque de sa naissance.

(²) *Lettre à M. l'abbé Charles*... dans l'Avis au Lecteur.

Déjà Chr. Huyghens et Malvasia avaient imaginé des dispositifs permettant de mesurer de petites distances angulaires [1].

Chr. Huyghens (*Systema Saturnium*, 1659, p. 82) plaçait, dans le plan focal commun de l'objectif et de l'oculaire, de petites lamelles en forme de coin, qu'il enfonçait plus ou moins; puis au compas il déterminait la largeur correspondante; enfin des passages d'étoiles équatoriales lui donnaient la grandeur angulaire du champ et celle qui correspondait à un point connu des lamelles. A cause de la diffraction, les résultats étaient médiocres.

A ces lames, Malvasia (*Ephemerides novissimæ*, 1662) substitua un réseau de deux systèmes de fils d'argent très fins, se coupant à angles droits et divisant le champ de la lunette en petits carrés; l'ensemble pouvait tourner autour de l'axe optique, ce qui permettait de rendre un des systèmes de fils parallèles à telle direction que l'on voulait, et de mesurer ainsi les différences de coordonnées correspondantes [2].

En 1667 P. Petit, dans une lettre du 12 mars (*J. des Sav.*, 1667, p. 102) décrit un micromètre destiné à la mesure des diamètres du Soleil et de la Lune, dans lequel deux fils parallèles, mobiles l'un et l'autre, peuvent être amenés à des distances variables par le moyen de deux vis, une de chaque côté, tournées toujours également par un tambour unique [3].

Mais il avait été devancé par Auzout, qui, à la vérité, n'avait pas encore publié son procédé.

L'instrument d'Auzout était déjà remarquablement parfait, car les diamètres qu'il donnait du Soleil ne différaient pas de plus de 1″ à 2″. Le petit Mémoire où il est décrit renferme d'ailleurs bien des remarques fines et pratiques sur la mise au foyer, sur l'éclairage des fils, sur le moyen d'éviter la parallaxe, etc.; et il indique un grand nombre d'usages de l'instrument : éclipses, parallaxe de la Lune et des planètes, excentricités des orbites, usages géographiques, mesure de la Terre, etc.

Ce micromètre exigeait dans sa construction une grande perfection,

---

(1) Il faut y joindre Gascoigne, dont la priorité ne fut réclamée qu'après qu'Auzout eut fait connaître son invention.

(2) Cela explique pourquoi La Hire le fils, dans son *Traité de l'invention et de l'usage de quelques instruments de mathématiques*, attribue à Malvasia l'invention du micromètre (Pingré).

(3) Aussi certains contemporains attribuent l'invention du micromètre à P. Petit et le perfectionnement à Auzout. Voir, par exemple, l'abbé de Hautefeuille (*Microscope micrométrique....* Paris, 1703, in-4°, p. 3).

alors difficile à atteindre. Aussi Picard mesurait directement la distance des fils au microscope; et c'est peut-être la raison qui fait joindre son nom à celui d'Auzout dans l'invention du micromètre.

Pour juger du progrès réalisé par l'emploi du micromètre d'Auzout dans la mesure des diamètres, il suffit de jeter les yeux sur les résultats obtenus à diverses époques. Voir, par exemple, Houzeau, *Vade mecum*, p. 399, pour le Soleil.

Dès le commencement de 1666, Auzout et Picard mesuraient presque tous les jours les diamètres du Soleil et de la Lune avec le micromètre (1). La comparaison des résultats conduisit Auzout à une remarque jusque-là purement théorique et bien oubliée : il trouva que pour le Soleil les diamètres s'accordaient à 1″-2″ pour des jours voisins, tandis que pour la Lune les écarts étaient parfois assez grands. Il vit immédiatement que cela tenait à la parallaxe de hauteur, ainsi qu'il l'indiqua dans sa lettre à Oldenbourg du 28 décembre 1666. Loin, d'ailleurs, de s'attribuer quelque mérite, il note que Képler (*Astr. Opt.*, p. 360) en avait fait théoriquement la remarque, et que Hévélius, dans l'observation de l'éclipse du Soleil de juillet 1666, avait trouvé le diamètre de la Lune plus grand de 8″-10″ à la fin de l'éclipse, quand la Lune était plus haute, que vers le commencement.

La comète de 1664 attira quelque temps l'attention de tous et, au moyen de trois ou quatre observations, Auzout calcula à l'avance le reste de la route qu'elle devait suivre. Sans donner aucun détail théorique, il admit que les comètes marchent sur la sphère suivant un grand cercle, de sorte qu'avec deux observations il serait possible de trouver la route entière. Jusqu'alors, dit Auzout, aucun astronome n'avait encore tenté une telle prédiction; comme elle se réalisa assez bien, nous pouvons dire aujourd'hui qu'il eut en cela beaucoup de bonheur; si d'ailleurs on avait suivi la comète plus longtemps, la prédiction se serait trouvée en défaut.

Il calcula de même la route de la comète de 1665, ce que nous mentionnons uniquement parce que le petit Ouvrage où Auzout la donna paraît avoir passé inaperçu jusqu'ici.

Par ces éphémérides, Auzout ne fit donc pas faire grand progrès à la Science; mais il contribua beaucoup à décider la fondation de l'Obser-

(1) Les observations de Picard furent faites à Passy (Le M., *His. cél.*, p. 3-4) du 10 janvier au 27 août 1666, puis à la porte de Montmartre à partir du 2 novembre 1666. Celles d'Auzout sont perdues, à l'exception de 6 diamètres de la Lune, mesurés du 8 au 24 juillet à Paris, sans doute dans l'île Notre-Dame (Le M., *Hist. cél.*, p. 4).

vatoire, en représentant à Louis XIV combien la France était en retard sous ce rapport.

Il ne devait pas avoir d'instruments de mesure, puisqu'il dit que les observations avec lesquelles il a déterminé l'orbite de la comète n'ont « esté faites qu'avec des filets, des règles, des equeres et des bastons », c'est-à-dire par des alignements pris à l'œil nu.

Il disposait cependant de diverses lunettes, qu'il construisait lui-même avec beaucoup de talent. Il résulte, en effet, de sa *Lettre à M. l'abbé Charles* qu'elles étaient à peu près aussi bonnes que celles, si renommées, de Campani. Il dit notamment, contre le sentiment de Campani et de Hook, que pour les grandes lunettes le travail à la main est préférable à celui du tour; et la même opinion peut être soutenue encore aujourd'hui.

A Paris il n'y a pas, dit-il, d'ouvrier qui fasse des lunettes de plus de 5 à 6 pieds (¹), et c'est ce qui l'a décidé à essayer lui-même d'en construire; il en a fait une de 150 pieds dont il n'est pas satisfait, mais il en a beaucoup d'autres (²) et il ne désespère pas d'en faire de 200 ou 300 pieds « quand nous aurons de la matière propre et un lieu commode pour s'en servir ». Actuellement, celle de 21 pieds est la plus grande qu'il puisse employer chez lui, et ce lui est, dit-il en octobre 1664, une grande mortification que depuis 2 ans il ne puisse utiliser les grandes lunettes dont il dispose pour faire quelque découverte dans le ciel. « Il n'y a peut-être qu'à Paris où cela puisse arriver; mais je n'en veux pas dire davantage. » Il a remarqué, en 1662, l'ombre du globe de Saturne sur son anneau, et il voudrait observer si Jupiter tourne sur lui-même.

Pour comparer ses lunettes à celles de Campani, il envoie à celui-ci des écritures de diverses forces; et ce moyen de juger les lunettes est encore employé aujourd'hui. Ses Mémoires sont d'ailleurs pleins de remarques pratiques sur le travail des verres, et peut-être les publiera-t-il un jour, dit-il.

Tandis que ses contemporains attribuaient à Sirius un diamètre de 5″ à 60″, il pense qu'il est au plus de 2″, valeur bien trop forte encore, mais qui montre au moins la haute qualité de ses lunettes. Il s'occupe aussi de photométrie et se propose de décider si les comètes ont une lumière propre ou

---

(¹) Un constructeur de Londres, Rives, dont il est plusieurs fois question dans la même *Lettre*, en faisait dès cette époque de 60 pieds de long. Une lunette de 35 pieds, faite par ce constructeur, avait été offerte par le roi d'Angleterre à Gaston d'Orléans.

(²) Il parle de ses lunettes de 12, 21, 35, 45, 55, 60, 70, 90 pieds.

s'ils la reçoivent toute du Soleil. Il avait l'intention de faire une carte détaillée de la Lune et il assure qu'il a trouvé le moyen de mesurer les distances par un procédé qui n'exige qu'une seule station : c'est évidemment par le changement de foyer qui en résulte, et qui, avec ses grandes lunettes, était considérable.

Cette lettre se termine par une Table donnant, pour les lunettes de l'époque, le rapport O : F de l'ouverture O à la distance focale F.

Enfin il faut rappeler qu'Auzout eut une part importante dans la substitution des lunettes aux quarts de cercle, un des perfectionnements qui ont le plus contribué aux progrès de l'Astronomie.

Il nous reste à fixer la place et les coordonnées du point où habitait Auzout et où il a dû faire ses inventions et ses observations.

A l'occasion de ses essais de lunettes, il dit lui-même (*Lettre à l'abbé Charles*, ..., p. 3-4) :

Vous sçavez, Monsieur, le lieu où je suis logé dans l'Isle de nostre Dame, vis à vis de la Tour de Saint-Paul, qui est située au Nordest, et eloignée par la Carte de Paris, de 185. de nos toises...

Ie peux de cette distance eprouuer facilement et sans Tuyau, des Verres iusques à 50. pieds ou 70. palmes de long; et i'ay fait à ce dessein, appliquer de diuerse sorte d'ecriture à la Tour de saint-Paul pour eprouuer les Lunetes, etant le meilleur moyen de les eprouuer sur terre, puisque leur bonté depend de la distinction qu'elles font voir aux plus petits Obiets, quoyque ie souhaiterois d'auoir vn lieu encore vne fois ou deux plus éloigné pour voir l'effet des plus grandes Lunetes, quand il y a dauantage d'air entre deux.

Ailleurs il dit que dans son *Traité des grandes Lunettes* il explique une pratique assez commode

pour regarder un Objet stable; par exemple une Horloge, à travers de 3. ou de 4. murailles sans Tuyau, comme je fay chez moy l'Horloge de Saint-Paul, à travers de trois... (¹).

Ces trois murailles, que l'on pourrait être tenté de supposer entre l'objectif et la tour, étaient sans doute dans son appartement, parce qu'il était obligé d'utiliser trois ou quatre pièces à travers les portes desquelles il visait.

Cette tour Saint-Paul ne peut être une de celles de l'ancien palais habité par les rois des siècles précédents, car tout vestige en avait déjà disparu.

(¹) *Réponse à M. Hook*..., p. 18-19.

Il s'agit donc de celle de l'église Saint-Paul, dont le portail principal donnait sur la rue Saint-Paul (côté Est), au sud de la rue Saint-Antoine. La tour de cette église, marquée sur beaucoup de plans de Paris jusqu'à une époque assez récente, était sur le côté gauche ou au nord de la façade.

Si de ce point comme centre, avec un rayon correspondant à 185 toises, on décrit une circonférence, elle se trouve à peu près tangente, dans l'île Notre-Dame (aujourd'hui île Saint-Louis), au quai d'Anjou, au-dessus de la rue Poulletier, qui, à cette époque, portaient l'un et l'autre le même nom qu'aujourd'hui. L'hôtel Meillant, occupé aujourd'hui par une école municipale, doit naturellement être exclu; aussi il résulte presque nécessairement de tout cela que l'habitation d'Auzout était au n° 15 actuel du quai d'Anjou, sans exclusion forcée toutefois du n° 17. Et de là, en effet, on était bien en face de la tour ou clocher de Saint-Paul.

D'après le plan municipal de 1880, ce point se trouve $1670^{m}$ à l'est et $1706^{m}$ au nord de notre origine habituelle; on a donc pour lui

$$\Delta\mathcal{L} = 1'21'',9 = 0^{m}5^{s},46\text{E}, \qquad \Delta\varphi = +\,0'55'',9, \qquad \varphi = +\,48^{\circ}51'6'',2.$$

*Remarque.* — Le petit tracé qui vient d'être indiqué a été répété sur divers plans de Paris des *reproductions* faites en 1880. La vérification sera facilitée par les données suivantes, relatives à ces plans, et dont nous aurons occasion de faire plusieurs fois usage.

| Auteurs des plans. | Numéros des planches. | Dates. | Valeur de $1^{mm}$ du plan | | Valeur en millimètres sur le plan | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | en toises. | en mètres. | de $1^{T}$. | de $1^{m}$ |
| | | | T | m | mm | mm |
| Jean *Boisseau* | XVII[2,3] | 1654 | 6,1125 | 11,9134 | 0,16360 | 0,08394 |
| Jacques *Gomboust* | XVIII[1,2,3,4] | 1652 | 2,3887 | 4,6556 | 0,41864 | 0,21480 |
| *Bullet* et *Blondel* | XIX[1,2] | 1670-76 | 2,6667 | 5,1974 | 0,37500 | 0,19240 |
| Jouvin *de Rochefort* (1) | XX[1,2,3,4] | 1672 | 3,2232 | 6,2822 | 0,31025 | 0,15918 |
| Id. (2) | XXI | 1676 | 4,7761 | 9,3088 | 0,20938 | 0,10742 |
| Nicolas *de Fer* | XXII | 1697 | 5,4407 | 10,6041 | 0,18380 | 0,09430 |
| B. *Jaillot* | XXIII | 1713 | 4,4395 | 8,6598 | 0,22525 | 0,11557 |
| J. *de la Caille* | XXIV[1,2,3,4] | 1714 | » | » | » | » |
| Abbé J. *de la Grive* (*) | XXV[1,2,3,4] | 1728 | 3,4261 | 6,6776 | 0,29188 | 0,14975 |
| *Roussel* | XXVI[1,2] | 1731 | 8,4507 | 16,4707 | 0,11833 | 0,06071 |
| L. *Bretez* (pl. Turgot) | XXVII[1,2,3,4] | 1734-39 | » | » | » | » |
| R. *de Vaugondy* (*) | XXVII | 1760 | 5,3763 | 10,4787 | 0,18600 | 0,09543 |
| *Deharme* (*) | XXIX[1,2] | 1763 | 4,2358 | 8,2557 | 0,23608 | 0,12113 |
| J.-B. *Jaillot* | XXX[1,2,3,4] | 1777 | » | » | » | » |
| *Verniquet* (*) | XXX[1,2,3,4,5,6] | 1789-98 | 2,5897 | 5,0474 | 0,38615 | 0,19812 |
| Atlas municipal (*) | 16 planches | 1880 | 2,565 | 5,00 | 0,39 | 0,20 |

Ces données sont plus exactes quand le plan porte une division par méridiens et parallèles, parce qu'alors les mesures ont porté sur des longueurs plus grandes que celle des échelles habituelles. Ces plans sont marqués d'un astérisque (*) ajouté au nom de l'auteur.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les réseaux* K *d'une quadrique de révolution.* Note de M. C. GUICHARD.

Soit $M(x_1, x_2, x_3)$ un point qui décrit un réseau situé sur la quadrique ayant pour équation

$$\frac{x_1^2+x_2^2}{A}+\frac{x_3^2}{B}=1.$$

Si je pose

$$(1) \qquad \alpha_1=\frac{x_1}{\sqrt{A}}, \qquad \alpha_2=\frac{x_2}{\sqrt{A}}, \qquad \alpha_3=\frac{x_3}{\sqrt{B}},$$

le point $m(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3)$ décrira sur la sphère de rayon 1 un réseau O. Je désigne par

$$\Delta=\begin{vmatrix} \alpha_1 & \alpha_2 & \alpha_3 \\ \beta_1 & \beta_2 & \beta_3 \\ \gamma_1 & \gamma_2 & \gamma_3 \end{vmatrix}$$

le déterminant orthogonal correspondant et par $a$, $b$, $m$, $n$ les rotations de ce déterminant. Les paramètres normaux des tangentes au réseau (M) seront

$$(2) \qquad \begin{cases} \xi_1=\sqrt{A}\,\beta_1, & \xi_2=\sqrt{A}\,\beta_2, & \xi_3=\sqrt{B}\,\beta_3, \\ \eta_1=\sqrt{A}\,\gamma_1, & \eta_2=\sqrt{A}\,\gamma_2, & \eta_3=\sqrt{B}\,\gamma_3. \end{cases}$$

On a donc

$$(3) \qquad \begin{cases} \dfrac{\partial\xi_i}{\partial v}=n\eta_i, & \dfrac{\partial\eta_i}{\partial u}=m\xi_i, \\[2ex] \dfrac{\partial x_i}{\partial u}=a\xi_i, & \dfrac{\partial x_i}{\partial v}=b\eta_i. \end{cases}$$

En écrivant (voir ma Note du 13 novembre) la condition qui exprime que le réseau (M) est un réseau K, on trouve

$$(4) \qquad A(\beta_1\gamma_1+\beta_2\gamma_2)+B\beta_3\gamma_3=\frac{\partial m}{\partial u}+\frac{\partial n}{\partial v}.$$

D'autre part, on a aussi

$$(5) \qquad \beta_1\gamma_1+\beta_2\gamma_2+\beta_3\gamma_3=0.$$

Des équations (4) et (5) on déduit d'abord

$$(6) \qquad (A+\lambda)(\beta_1\gamma_1+\beta_2\gamma_2)+(B+\lambda)\beta_3\gamma_3=\frac{\partial m}{\partial u}+\frac{\partial n}{\partial v}.$$

On voit que, si l'on pose

$$x'_1=\sqrt{A+\lambda}\,\alpha_1, \qquad x'_2=\sqrt{A+\lambda}\,\alpha_2, \qquad x'_3=\sqrt{B+\lambda}\,\alpha_3,$$

le point $M'(x'_1, x'_2, x'_3)$ décrit un réseau K situé sur une quadrique homofocale à la quadrique donnée. Les rayons des sphères C qui correspondent aux réseaux M et M' sont égaux; leur valeur commune est donnée par la formule

$$R^2=a^2+b^2,$$

car, pour chacun de ces réseaux, $h=a$, $l=b$. Donc :

*L'affinité d'Ivory qui transforme une quadrique de révolution en une quadrique homofocale, transforme un réseau* K *en un réseau* K. *Aux points correspondants les rayons des sphères* C *sont égaux.*

Ce théorème s'étend aux quadriques générales; la démonstration est identique à celle que je viens de donner.

Des équations (4) et (5) on déduit aussi

$$(7) \qquad \frac{\partial m}{\partial u}+\frac{\partial n}{\partial v}+(A-B)\beta_3\gamma_3=0,$$

$$(8) \qquad \frac{\partial m}{\partial u}+\frac{\partial n}{\partial v}+(B-A)(\beta_1\gamma_1+\beta_2\gamma_2)=0.$$

La première montre qu'il existe un déterminant orthogonal, d'ordre 3, dont les rotations ont pour valeurs

$$a'=\sqrt{A-B}\,\beta_3, \qquad b'=\sqrt{A-B}\,\gamma_3, \qquad m'=n, \qquad n'=m.$$

La seconde montre qu'il existe un déterminant orthogonal, d'ordre 4, dont les rotations sont

$$a'_1=\sqrt{B-A}\,\beta_1, \qquad a'_2=\sqrt{B-A}\,\beta_2, \qquad m'=n,$$
$$b'_1=\sqrt{B-A}\,\gamma_1, \qquad b'_2=\sqrt{B-A}\,\gamma_2, \qquad n'=m.$$

Chaque réseau O qui correspond à l'un de ces déterminants est applicable sur un réseau O qui correspond à l'autre, puisque les valeurs de $m$ et $n$ sont les mêmes pour les deux. On a donc, dans l'espace d'ordre 3, des réseaux qui sont O, 2C. En reprenant les calculs en sens inverse, on voit que, réciproquement, si l'on connaît un réseau de l'espace d'ordre 3, appli-

cable sur un réseau de l'espace d'ordre 4, on pourra en déduire des réseaux K tracés sur les quadriques de révolution.

Ces systèmes O, 2C jouent un rôle important dans la théorie des surfaces isothermiques. [Voir mon Mémoire, *Sur les systèmes orthogonaux et les systèmes cycliques* (*A. E. N.*, 1903).] Le problème posé a donc un lien très étroit avec la recherche des surfaces isothermiques. Toutefois, il importe de faire une remarque. Dans le cas de la sphère ou du paraboloïde de révolution, la connaissance d'une surface isothermique permet immédiatement de former un réseau K de ces surfaces; ici, au contraire, il faudra, pour arriver au but, résoudre un système complet; l'intégration de ce système n'introduit que des constantes arbitraires.

On peut encore arriver au but en introduisant d'autres éléments qui interviennent dans la théorie des surfaces isothermiques; en prenant, par exemple, les congruences C, 2I dans un espace d'ordre 4. Soient alors $x_1$, $x_2$, $x_3$, $x_4$ les cosinus directeurs d'une telle congruence. On aura

$$(9) \qquad \Sigma x_i^2 = 1, \qquad \frac{\partial^2 x_i}{\partial u \, \partial v} = \frac{1}{h} \frac{\partial h}{\partial v} \frac{\partial x_i}{\partial u} + \frac{1}{l} \frac{\partial l}{\partial u} \frac{\partial x_i}{\partial v}, \qquad h^2 + l^2 = 1.$$

Je pose alors

$$(10) \quad X_1 = x_1 \cos\omega, \quad X_2 = x_2 \cos\omega, \quad X_3 = x_3 \cos\omega, \quad X_4 = x_4 \cos\omega, \quad X_5 = \sin\omega.$$

La congruence de sphères ($X_1$, $X_2$, ..., $X_5$) est C, 2I. Je forme une combinaison linéaire isotrope de $X_1$, $X_2$, $X_3$, $X_4$. Je prends, par exemple, la combinaison

$$\theta = X_3 + iX_4.$$

Le point N($y_1$, $y_2$, $y_3$) où

$$(12) \qquad y_1 = \frac{X_1}{\theta}, \qquad y_2 = \frac{X_2}{\theta}, \qquad y_3 = \frac{X_5}{\theta}$$

décrit un réseau K, 2O; la coordonnée complémentaire qui le rend 2O est

$$\frac{i}{\sin\omega} y_3.$$

Ce réseau (N) est donc parallèle à un réseau (M) tracé sur une quadrique de révolution; ce réseau (M) sera aussi un réseau K. Donc :

*Si l'on a une congruence* C, 2I *dans un espace d'ordre* 4, *on peut en déduire* $\infty^2$ *réseaux* K *d'une quadrique de révolution à centre.*

Ces congruences C, 2I se déduisent facilement des systèmes O, 2C.

Soient, en effet, A et A′ deux points qui décrivent dans les espaces d'ordres respectifs 3 et 4 des réseaux O applicables. Si l'on couple le réseau A par un plan isotrope, on obtient une droite L; quand on porte A sur A′, L vient occuper la position L′; cette droite L′ décrit une congruence C, 2I.

Les lignes de courbure d'une surface à courbure totale constante forment des réseaux O qui sont à la fois C et 2C. On peut les prendre comme point de départ pour trouver des solutions particulières du problème posé. Soit

$$\begin{vmatrix} \alpha_1 & \alpha_2 & \alpha_3 \\ \beta_1 & \beta_2 & \beta_3 \\ \gamma_1 & \gamma_2 & \gamma_3 \end{vmatrix}$$

le déterminant correspondant à ce réseau. Ses rotations sont

$$a = \cos\varphi, \qquad m = -\frac{\partial\varphi}{\partial v},$$

$$b = \sin\varphi, \qquad n = \frac{\partial\varphi}{\partial v},$$

avec la condition

$$\sin\varphi\cos\varphi - \frac{\partial^2\varphi}{\partial v^2} + \frac{\partial^2\varphi}{\partial u^2} = 0.$$

Il en résulte qu'on pourra former un déterminant orthogonal d'ordre 4,

$$\begin{vmatrix} x_1 & x_2 & x_3 & x_4 \\ y_1 & y_2 & y_3 & y_4 \\ \xi_1 & \xi_2 & \xi_3 & \xi_4 \\ \eta_1 & \eta_2 & \eta_3 & \eta_4 \end{vmatrix}$$

ayant pour relations

$$a_1 = \cos\theta\cos\varphi, \qquad a_2 = \quad i\sin\theta\sin\varphi, \qquad m = -\frac{\partial\varphi}{\partial v},$$

$$b_1 = \cos\theta\sin\varphi, \qquad b_2 = -i\sin\theta\cos\varphi, \qquad n = +\frac{\partial\varphi}{\partial u},$$

$\theta$ étant une constante. La congruence qui a pour paramètres $x_1$, $x_2$, $x_3$, $x_4$ est C, 2I; si l'on pose

$$(11) \qquad X_1 = \frac{x_1}{\cos\theta}, \qquad X_2 = \frac{x_2}{\cos\theta}, \qquad X_3 = \frac{x_3}{\cos\theta}, \qquad X_4 = \frac{\cos\theta}{x_4}, \qquad X_5 = \frac{i\sin\theta}{\cos\theta}.$$

Les formules (12) ont, en somme, la même forme que les formules (10). De plus, on a ici

$$(13) \qquad \Sigma X_i^2 = \Sigma \alpha_i^2 = 1, \qquad \Sigma\, dX_i^2 = \Sigma\, d\alpha_i^2.$$

Si donc on forme, comme dans le cas général, le réseau $N(y_1, y_2, y_3)$ défini par la formule (12), ce réseau sera C à cause des conditions (13), d'où le résultat suivant :

*Tout réseau* C *d'une quadrique de révolution est en même temps un réseau* K.

Enfin, la perspective indiquée dans ma Note du 13 novembre donne encore des solutions particulières dans le cas des quadriques de révolution. Il faut, bien entendn, prendre un foyer pour centre de perspective.

ASTRONOMIE. — *Sur une étoile à grand mouvement propre.* Note de M. F. **Gonnessiat**.

M. Barnard a rencontré sur ses photographies, à l'Observatoire Yerkes, une étoile, qu'il désigne par P, de grandeur 10,5 dont le déplacement annuel atteint 10″,3 environ. C'est le plus fort que nous connaissions.

Cette étoile se trouve dans la zone +4° du Catalogue photographique d'Alger, sur le cliché $17^h 52^m$, qui a été pris en double, les 4 août 1897 et 15 juin 1910. En y joignant une photographie récente du 7 octobre 1916, on a les éléments suffisants pour une bonne détermination du mouvement propre de l'étoile en question. D'ailleurs la circonstance que ces clichés s'espacent à diverses dates de l'année va permettre une première détermination de sa parallaxe annuelle.

On a choisi comme points de repère sept étoiles du Catalogue d'Abbadia, après s'être assuré, par comparaison au Catalogue d'Albany, qu'aucune d'elles ne manifestait elle-même de déplacement sensible. Le centre de gravité des coordonnées rectangulaires de ces étoiles fixe la position d'un astre fictif G, auquel les mesures de chaque cliché par rapport aux traits du réseau permettent de rattacher l'étoile P, qui en est voisine. D'autre part, une des étoiles de repère, que nous désignons par $a$, se trouve proche de P, et la position relative $P - a$ peut être obtenue directement, indépendante des traits du réseau.

Les différences de coordonnées résultant des mesures servent à former des équations de condition, où l'on introduit les coefficients de la parallaxe annuelle $p$, et d'où l'on peut tirer les valeurs des composantes $\mu_x$ et $\mu_y$ du mouvement propre ainsi que $p$.

Le détail des réductions est donné dans une Note qui paraîtra prochainement au *Bulletin astronomique*. Il suffit d'en transcrire ici les conclusions.

Voici les valeurs fournies par chaque catégorie de mesures :

| | $\mu_x$. | $\mu_y$. | $p$. |
|---|---|---|---|
| P — G | $-0'',696$ | $+10'',267$ | $1'',10$ |
| P — $a$ | $-0,714$ | $+10,260$ | $0,97$ |
| Moyennes | $-0,705$ | $+10,263$ | $1,03$ |

Adoptant les moyennes de $\mu_x$ et $\mu_y$, on trouve comme résultante et direction du déplacement

$$r = 10'',286, \qquad P = 356°,07.$$

La valeur de $p$ est sans doute incertaine. Toutefois en comparant les mesures de P — $a$ faites par M. Barnard en juin (*Astronomical Journal*, p. 695) à celles prises sur notre troisième cliché, on arrive à $p = 0'',98$. En attendant d'avoir les clichés conjugués, à six mois d'intervalle, qui assureront une détermination précise, on peut s'en tenir au nombre rond

$$p = 1'',00.$$

Ainsi donc, l'étoile Barnard, dont le déplacement angulaire est le plus rapide, est aussi la plus rapprochée que nous connaissions. Sa parallaxe correspond seulement à 3,26 années de lumière.

En ce qui concerne la vitesse linéaire, sa composante dans le plan perpendiculaire au rayon visuel, telle qu'elle se déduit de nos valeurs de $r$ et $p$, est de $49^{km}$ par seconde. Par ailleurs, M. Adams lui trouve (*loc. cit.*), au réflecteur de $1^m,50$ de Mount Wilson, une vitesse radiale de $-91^{km}$. La résultante serait donc de $103^{km}$. Il en est de beaucoup plus fortes.

Les coordonnées sphériques de P conclues pour l'époque et l'équinoxe moyen de 1900,0 sont :

| | |
|---|---|
| Ascension droite | $17^h 52^m 56^s,78$ |
| Déclinaison | $+ 4° 25' \ 7'',8$ |

PHYSIQUE. — *Modifications de la dilatabilité de l'invar par des actions mécaniques ou thermiques.* Note de M. **Ch.-Éd. Guillaume.**

Dès l'année 1898, j'ai reconnu ce fait singulier que la trempe ou l'écrouissage abaissent sensiblement la dilatabilité de l'invar, et que les deux actions peuvent se superposer jusqu'à un certain degré. Il est ainsi possible, en combinant les actions thermiques et mécaniques, de conférer successivement, à un même morceau d'alliage, des dilatabilités diverses, jusqu'à

des *dilatabilités négatives*, correspondant à des contractions réversibles par chauffe de la barre ainsi traitée.

Mes premières mesures avaient porté sur des tiges amenées, à l'état fini, à un diamètre de $12^{mm}$, après des allongements atteignant respectivement 25, 50, 75 et 100 pour 100. Or, au diamètre indiqué, l'écrouissage n'était certainement pas uniforme jusqu'au cœur des tiges; de plus, ignorant alors le fait qu'une chauffe très modérée pût modifier sensiblement la dilatation de l'invar écroui, j'avais, pour accroître la stabilité, soumis les tiges à des chauffes d'une durée de quelques jours à 100°. Pour ces deux raisons, les phénomènes n'avaient pas été observés dans leur pureté; néanmoins, les abaissement de dilatabilité mesurés alors avaient dépassé un peu $1,0.10^{-6}$, et amené certains échantillons à une dilatabilité inférieure à $0,3.10^{-6}$.

La complexité des phénomènes et la petitesse des quantités à mesurer pour les élucider complètement m'ont obligé à un grand nombre d'expériences assez délicates, consécutives à des préparations industrielles effectuées dans des conditions bien précises. Les nouvelles recherches ont été faites, comme les précédentes, avec la collaboration, pour la partie métallurgique, des Aciéries d'Imphy, de la Société de Commentry-Fourchambault et Decazeville.

*Actions thermiques de fabrication.* — Les tiges livrées par les aciéries sont, le plus souvent, laminées à chaud à une température voisine du rouge cerise, et refroidies à l'air sur le carreau; un échantillon ainsi traité sera dit à l'état *naturel*. C'est sur des barres ayant ce point de départ qu'ont été faites toutes les mesures du début de mes recherches. Toutefois, après avoir établi l'action des trempes, on pensa que le simple refroidissement à l'air, à partir de la température du laminage, pouvait encore produire un peu de trempe, ou que même le laminage, poussé parfois jusque près du rouge sombre, laissait dans la tige des traces d'écrouissage, d'autant plus probables que la température de recuit des aciers au nickel est relativement élevée et voisine, pour l'invar, de 700°.

Deux genres de traitements furent alors appliqués à des tiges à l'état naturel : un recuit de quelques heures à 900°, avec refroidissement à l'air, et un semblable recuit, avec refroidissement dans le four; enfin, des tiges ayant subi ce dernier traitement ont été réchauffées au four et refroidies à l'air.

L'action de la trempe fut ensuite examinée sur des barres rectangulaires de $24^{mm}$, des tiges de $12^{mm}$ et de $8^{mm}$ et des fils de $1^{mm},65$.

Pour déterminer la dilatation d'un fil, on le monte sur un appareil com-

posé d'une barre d'invar, munie, à une extrémité, d'une butée à laquelle le fil est accroché, à l'autre d'un levier coudé servant à régler la tension du fil. Celui-ci porte de petites pastilles d'invar, sur lesquelles on a pratiqué des traits de repère. L'étalon de comparaison est une tige d'invar de dilatabilité connue. La tension appliquée aux fils est celle en usage dans les mesures géodésiques : 10 kg-force; le changement (positif) du module d'élasticité de l'invar oblige à apporter aux résultats bruts une correction de $+0,15.10^{-6}$ qu'ont subie les nombres relatifs aux fils. Dans tous les Tableaux, $\Delta\alpha$ exprime le changement de dilatabilité à partir de la tige dite *naturelle*; les dilatabilités sont les valeurs vraies à 20° (moyenne entre 0° et 40°).

| Traitement. | $\Delta\alpha$. |
|---|---|
| Tige recuite à 900° et refroidie au four | $+0,65.10^{-6}$ |
| Tige recuite à 900° et refroidie à l'air | $+0,26$ |
| La même, réchauffée et refroidie à l'air | $0,00$ |
| Barre de $24^{mm}$ trempée | $-0,42$ |
| Tige de $12^{mm}$ trempée | $-0,46$ |
| Tige de $8^{mm}$ trempée | $-0,49$ |
| Fil de $1^{mm},65$ trempé | $-0,53$ |

Ainsi, les seuls traitements thermiques modifient au total la dilatabilité de l'invar de $1,18.10^{-6}$; la vitesse de refroidissement est si efficace que, dans les trempes à l'eau, la valeur finale dépend encore, de façon certaine, de la section de la tige.

*Actions mécaniques de fabrication.* — Les fils ont été amenés à leur diamètre définitif de $1^{mm},65$ en partant de diamètres plus forts, auxquels les fils primitifs avaient été soit recuits, soit trempés; $\Delta'\alpha$ désigne, dans le Tableau suivant, les dilatabilités à partir du fil recuit.

| | Diamètre de départ. | Allongement pour 100. | $\Delta\alpha$. | $\Delta\alpha'$. |
|---|---|---|---|---|
| | mm | | | |
| Recuit. | 1,65 | 0 | $+0,21.10^{-6}$ | |
| | 1,8 | 19 | $-0,38$ | $-0,59.10^{-6}$ |
| | 1,5 | 40 | $-0,72$ | $-0,93$ |
| | 2,9 | 60 | $-1,15$ | $-1,36$ |
| | 2,2 | 78 | $-1,38$ | $-1,59$ |
| | 2,4 | 112 | $-1,42$ | $-1,63$ |
| Trempé. | 1,65 | 0 | $-0,53$ | $-0,74$ |
| | 2,09 | 60 | $-1,18$ | $-1,39$ |
| | 2,20 | 77 | $-1,53$ | $-1,74$ |
| | 2,44 | 116 | $-1,42$ | $-1,63$ |
| | 2,60 | 148 | $-1,50$ | $-1,71$ |

L'étirage provoque donc, soit dans les fils recuits, soit dans les fils trempés, un abaissement rapide de la dilatabilité. Dans les premiers, l'action atteint sa limite lorsque la longueur des fils a été à peu près doublée; dans les derniers, la fin du phénomène est plus trouble; la limite est plus vite atteinte, l'abaissement total plus considérable.

En rapprochant les nombres de ce Tableau de ceux du précédent, on voit que la superposition des effets thermiques et mécaniques a atteint $2,18.10^{-6}$. La valeur extrême de $\alpha$ trouvée directement a été, pour un fil: $-0,76.10^{-6}$ (corrigée: $-0,61$).

*Traitements thermiques au laboratoire.* — L'étuvage (chauffe prolongée à une température modérément élevée) est appliqué à la stabilisation de l'invar. Cette opération modifie, ainsi qu'il a été dit, la dilatabilité de l'alliage. Pour des tiges naturelles ou recuites, la modification est extrêmement faible [1]; au contraire elle est notable pour les échantillons trempés ou recuits.

Pour les tiges, l'action de l'étuvage était contrôlée par des mesures de longueur faites à des époques de plus en plus éloignées, et l'opération était poursuivie aussi longtemps que la tige éprouvait des variations appréciables. Pour les fils, on suivait l'étuvage par la marche de la dilatation elle-même. Dans le Tableau ci-après, $\Delta''\alpha$ désigne la variation constatée à partir de la valeur trouvée avant l'étuvage.

| | Traitement. | $\Delta\alpha$. | $\Delta''\alpha$. |
|---|---|---|---|
| Tige de 8mm trempée. | Avant l'étuvage | $-0,49.10^{-6}$ | » |
| | Après » à 100° | $-0,21$ | $+0,28.10^{-6}$ |
| | » » 150° | $-0,17$ | $+0,32$ |
| | » » 200° | $-0,08$ | $+0,41$ |
| | » » 250° | $-0,07$ | $+0,42$ |
| Fil écroui. | Avant l'étuvage | $-1,50$ | |
| | 3 heures à 70° | $-1,36$ | $+0,14$ |
| | 30 » | $-1,20$ | $+0,30$ |
| | 300 » | $-1,02$ | $+0,48$ |
| | 1 heure à 100° | $-1,18$ | $+0,32$ |
| | 10 » | $-1,04$ | $+0,46$ |
| | 100 » | $-0,88$ | $+0,62$ |
| | 12 heures à 250° | $-0,70$ | $+0,80$ |

(1) Voir CH.-ÉD. GUILLAUME, *Modifications que subissent les aciers au nickel par l'effet de chauffes prolongées ou sous l'action du temps* (*Comptes rendus*, t. 153, 1911, p. 156).

On voit donc que l'étuvage relève assez rapidement la valeur de la dilatation, abaissée par la trempe ou par l'écrouissage, ou par les deux actions superposées. Aux températures peu élevées, l'effet de l'étuvage est déjà notable; à 250°, l'effet de la trempe disparaît à peu près; celui de l'écrouissage, au contraire, subsiste pour près de la moitié de sa valeur.

Les dilatabilités trouvées sur les tiges naturelles des bonnes coulées d'invar étant groupées autour de $1,0.10^{-6}$, l'étuvage à 100° d'un fil, assurant sa stabilisation après l'étirage, l'amène à une dilatabilité sensiblement nulle sous la tension employée dans les opérations géodésiques, qui sont ainsi pratiquement débarrassées des erreurs de température.

Afin de pouvoir satisfaire sans délais aux demandes des Services géodésiques, on a constitué, au Bureau international des Poids et Mesures, par un travail systématiquement poursuivi pendant plusieurs années, un dépôt de fils d'invar étuvés et reposés, et dont la dilatabilité est si faible que des erreurs de 10 degrés sur la température n'affecteraient pas encore le millionième des longueurs mesurées.

M. GASTON BONNIER offre à l'Académie un Volume dont il est l'auteur, intitulé : *En marge de la grande guerre*, et qui contient, entre autres chapitres, un exposé du mouvement scientifique pendant la guerre et en particulier des travaux de l'Académie des Sciences.

## CORRESPONDANCE.

M. le SECRÉTAIRE PERPÉTUEL signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

*Les écoles des blessés*, par A.-L. BITTARD. (Présenté par M. Ed. Perrier.)

CINÉMATIQUE. — *Sur la forme géométrique générale des propriétés du second ordre des mouvements plans à deux paramètres.* Note de M. G. KŒNIGS.

1. Je terminais ma dernière Note (¹) en faisant connaître la forme simple que revêtent les propriétés du second ordre des mouvements plans à deux

(¹) *Comptes rendus*, t. 163, 1916, p. 603.

paramètres dans le cas spécial où la droite $d_1$ possède une enveloppe dans le plan mobile, auquel cas elle en possède aussi une dans le plan fixe. La construction n'est pas beaucoup plus compliquée dans le cas le plus général.

Il existe sur la droite $d_1$ des points remarquables. D'abord le point O, déjà rencontré dans ma Note précitée, qui se trouve être le centre instantané dans le mouvement $\mathfrak{M}^1$ au cours duquel la droite $d_1$ fait avec un axe fixe un angle $\psi$ constant. Puis le point $O_1$ qui est le centre instantané dans le mouvement $\mathfrak{M}^1$ au cours duquel la droite $d_1$ fait avec un axe solidaire du plan mobile un angle $\varphi$ constant.

Lorsque le centre instantané vient en O, le point H vient occuper la position $H_0$ déjà considérée dans ma dernière Note.

Cela étant, la relation entre le point I et le point H correspondant est la suivante :

$$\overline{H_0H}\cdot\overline{OO_1}=\overline{OI}^2.$$

Cette relation géométrique met bien en évidence que le vecteur $\overrightarrow{H_0H}$ doit avoir le sens du vecteur fixe $\overrightarrow{OO_1}$, et que, par conséquent, le lieu de H ne peut être que la demi-droite issue de $H_0$ qui a le sens de $\overrightarrow{OO_1}$.

En outre cette formule fournit une construction très simple du point H correspondant à un point I donné. Il faut en effet :

1° Prendre J symétrique du point I par rapport au point O;

2° Prendre G conjugué harmonique de $O_1$ par rapport à IJ.

3° Imprimer enfin une translation $\overrightarrow{GH}=\overrightarrow{OH_0}$ au point G, qui l'amènera en H.

Dans le cas spécial qui terminait ma dernière Note, cette translation disparaît. Elle constitue donc la seule complication que présente le cas général vis-à-vis du cas spécial considéré.

2. Je suis arrivé à ces résultats simples, quoique généraux, en faisant usage dans cette étude de deux variables qu'on pourrait appeler *canoniques* en raison de la simplicité des moyens qu'elles y introduisent. La première de ces variables est l'angle de position $\theta$ de la figure mobile, ou l'angle déjà considéré que fait avec l'axe fixe un axe solidaire du plan mobile. La seconde de ces variables est l'angle $\varphi$ que fait la droite $d_1$ avec l'axe solidaire du plan mobile.

Or ce choix de variables suppose essentiellement que l'angle $\varphi$ ne se réduit pas à une simple fonction de $\theta$. Nous nous trouvons ainsi naturellement conduits à envisager une classe étendue de mouvements à deux paramètres que nous appellerons, à bon escient, EXCEPTIONNELS. Ces mouvements sont caractérisés au point de vue mécanique par la propriété que tous les mouvements $\mathfrak{T}^1$ de translation qu'ils contiennent sont des TRANSLATIONS RECTILIGNES.

Pour ces mouvements, les propriétés du second ordre sont toutes différentes de celles du cas général. Cela tient à ce que, pour ces mouvements, les points O et $H_0$ sont rejetés à l'infini. La correspondance entre les points I et H consiste alors en ce que ces points décrivent sur la droite $d_1$ *deux divisions semblables*. Puisque $\varphi$ est une fonction de $\theta$, nous appellerons $\varphi'$ sa dérivée par rapport à $\theta$. Le rapport de similitude se trouve égal à $2(1+\varphi')$, ce qui signifie que, si I décrit un vecteur $\overrightarrow{II'}$, le point H décrit un vecteur $\overrightarrow{HH'} = 2(1+\varphi')\overrightarrow{II'}$.

Dans le cas de ces $\mathfrak{M}^2$ EXCEPTIONNELS, tout point de la droite $d_1$ est donc une position de H, et tout point du plan est une position de K'.

3. Mais il est un cas encore plus particulier, c'est celui où $d_1$ ferait avec l'axe fixe un angle constant $\psi = \varphi + \theta$, ce qui entraîne $1 + \varphi' = 0$. Ce mouvement rentre dans ceux étudiés dans ma première Note [1]. Il consiste dans le roulement sans glissement d'une courbe quelconque sur une droite $d$, tandis que celle-ci peut recevoir une translation rectiligne arbitraire dans une direction qui lui est perpendiculaire.

Dans ce cas très spécial, le point H est fixe et indépendant de la position du point I. Le lieu du point K' pour tous les $\mathfrak{M}^1$ qui sont contenus dans le $\mathfrak{M}^2$ donné et qui s'effectuent à partir d'une position $\mathfrak{P}$ donnée, est alors une droite perpendiculaire à $d$. La composition des accélérations, dans le cas où le mouvement d'entraînement est une translation, rend aisément compte de ces dernières circonstances.

4. Qu'il me soit permis ici de relever, dans ma dernière Note, l'omission d'un indice qui, à la cinquième ligne, à partir du bas de la page 605, rend incompréhensible le texte. Il faut lire : la polaire du point $M_1$ par rapport au cercle de centre M, etc.

---

[1] *Comptes rendus*, t. 163, 1916, p. 511.

ÉLASTICITÉ. — *Formule de la plaque mince encastrée sur un contour rectangulaire plan.* Note [1] de M. **Mesnager**, transmise par M. A. Blondel.

La formule donnant les déplacements verticaux de cette plaque est, en prenant l'origine au centre, ainsi que je le montrerai tout à l'heure,

$$w = \varpi \frac{1-\eta^2}{4\pi^4 \mathrm{EI}} \sum_{m=1}^{m=\infty} \sum_{n=1}^{n=\infty} \frac{\left[1+(-1)^{m+1}\cos m \frac{2\pi x}{a}\right]\left[1=(-1)^{n+1}\cos n \frac{2\pi y}{b}\right]}{3\left(\frac{m}{a}\right)^4+3\left(\frac{n}{b}\right)^4+2\frac{m^2}{a^2}\frac{n^2}{b^2}},$$

$\eta$, coefficient de Poisson ; E, module d'Young ; I, moment d'inertie d'une section de largeur égale à l'unité.

Je rappelle que Navier avait donné en 1820 la solution de la plaque mince articulée sur un contour plan.

L'Académie des Sciences mit en 1907 [2] la question de la plaque mince encastrée au concours pour le prix Vaillant. Elle demandait d'examiner plus spécialement le cas d'un contour rectangulaire. Des Mémoires très remarquables furent présentés, mais aucun, à ma connaissance, ne donna le moyen d'arriver pratiquement à la formule de la plaque mince encastrée sur le contour rectangulaire.

Depuis la publication en 1908 par Walther Ritz [3] d'une méthode de résolution par approximations successives des problèmes de la Physique mathématique, méthode dont lui-même fit application au calcul de la flèche de la plaque mince encastrée sur un contour carré, on connaît une approximation numérique du calcul de la flèche de cette plaque. M. Paschoud a repris ce calcul dans sa Thèse [4]; toutefois *ces auteurs n'ont pas donné une formule, mais seulement une approximation numérique.*

Un professeur de l'École technique supérieure de Munich, Karl Hager, dans une brochure sur le calcul des plaques rectangulaires au moyen des séries trigonométriques [5], a publié pour les plaques des formules et des

---

(1) Séance du 20 novembre 1916.

(2) *Comptes rendus*, t. **145**, 1907, p. 989.

(3) *Journal de Crelle* et *Œuvres de Walther Ritz.* Paris, Gauthier-Villars, 1911.

(4) Paris, Gauthier-Villars, 1914.

(5) *Berechnung ebener rechteckiger Platten.* München und Berlin-Oldenbourg, 1914.

résultats numériques, *mais les uns et les autres sont faux*. Il n'a fait entrer dans l'expression de l'énergie potentielle que les composantes, normales aux sections droites, des tensions intérieures. Les tensions ne sont pas en général normales aux sections, sauf dans des cas particuliers, sur les axes par exemple. Les erreurs relatives dans les résultats numériques atteignent au moins 0,63. Le Dr Jovo Simić, de Vienne (Autriche) (1), avait employé déjà auparavant la même supposition fausse.

J'ai indiqué (2), au commencement de cette année, une méthode qui fournit rapidement une approximation très suffisante pour la pratique, mais non la formule complète. On peut obtenir celle-ci par le calcul suivant également applicable à un très grand nombre d'autres problèmes.

Prenons l'origine au centre de la plaque, limitée aux droites $x = \pm \frac{a}{2}$, $y = \pm \frac{b}{2}$.

On peut écrire les déplacements verticaux sous la forme

$$(1) \qquad w = \Sigma\Sigma A_{mn}\left[\cos m\frac{2\pi x}{a} + (-1)^{m+1}\right]\left[\cos n\frac{2\pi y}{b} + (-1)^{n+1}\right].$$

On vérifie immédiatement, en effet, qu'avec cette expression, $w$, $\frac{\partial w}{\partial x}$ et $\frac{\partial w}{\partial y}$ sont tous nuls au contour si la série est absolument convergente. Écrivons que le travail des forces extérieures est égal à l'énergie de déformation dont la formule est bien connue. On a, en étendant les intégrales à la surface entière de la plaque,

$$\frac{\varpi}{2}\int\int w\,dx\,dy = \frac{1}{2}\,\frac{\mathrm{EI}}{1-\eta^2}\int\int\left[\left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2}\right)^2 + \left(\frac{\partial^2 w}{\partial y^2}\right)^2 + 2\eta\frac{\partial^2 w}{\partial x^2}\,\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + 2(1-\eta)\left(\frac{\partial^2 w}{\partial x\,\partial y}\right)^2\right]dx\,dy.$$

En tenant compte de ce que les bords de la plaque restent dans un plan, on peut, en intégrant par parties, remplacer le second membre par

$$\int\int(\Delta w)^2\,dx\,dy.$$

Si l'on substitue dans cette expression, réduite ou non, à $w$ sa valeur et

---

(1) *Œst. Woch. f. d. Œffentlich. Baudienst*, 1909.

(2) *Comptes rendus*, t. 162, 1916, p. 165.

qu'on tienne compte des relations connues

$$\int_{-\frac{a}{2}}^{+\frac{a}{2}} \left[(\sin \text{ ou } \cos) m \frac{2\pi x}{a}\right]^2 dx = \frac{1}{2}\int_{-\frac{a}{2}}^{+\frac{a}{2}} \left(1 \mp \cos 4m \frac{\pi x}{a}\right) dx = \frac{a}{2},$$

$$\int_{-\frac{a}{2}}^{+\frac{a}{2}} \left[(\sin \text{ ou } \cos) m \frac{2\pi x}{a} (\sin \text{ ou } \cos) p \frac{2\pi x}{a}\right] dx = 0.$$

On obtient

$$(2) \quad \varpi ab \Sigma\Sigma A_{mn}(-1)^{m+n} = \frac{EI}{1-\eta^2} ab\, 4\pi^4 \Sigma\Sigma A_{mn}^2 \left[3\left(\frac{m}{a}\right)^4 + 3\left(\frac{n}{a}\right)^4 + 2\frac{m^2 n^2}{a^2 b^2}\right].$$

Appliquons maintenant la formule de Ritz, c'est-à-dire exprimons que $\varpi$, la fonction des paramètres $A_{mn}$ formée par le double du premier membre diminué du second, est un extremum pour les valeurs des paramètres $A_{mn}$ qui correspondent à l'équilibre. Il vient $mn$ équations

$$A_{mn} = \frac{(1-\eta^2)(-1)^{m+n}\varpi}{4\pi^4 EI\left[3\left(\frac{m}{a}\right)^4 + 3\left(\frac{n}{b}\right)^4 + 2\frac{m^2 n^2}{a^2 b^2}\right]}$$

Le calcul précédent donne des résultats exacts, car : 1° la série donnant $w$ et ses premières dérivées ainsi que celles qui entrent dans l'équation (2) sont absolument convergentes; 2° quand on a pris un nombre suffisant de termes de $w$, le reste $w_1$ est une surface continue à ordonnées aussi petites qu'on veut, donc à courbure aussi faible qu'on veut, donc la somme du second membre de l'équation (2) et $\int\int(\Delta w)^2\, dx\, dy$, qui, d'après la nature du problème existe, ne peuvent différer.

Si l'on détermine la flèche au centre de la plaque carrée, on trouve environ

$$f = \frac{\varpi(1-\eta^2)}{EI} \times 0{,}001\,41.$$

Le coefficient numérique est peu différent de celui que M. Paschoud avait calculé approximativement par la méthode de Ritz (0,001 26) et que j'avais signalé comme trop faible le 24 janvier dernier. Il est naturellement inférieur au coefficient de la plaque encastrée sur deux côtés seulement, articulée sur les deux autres (0,001 92).

ASTRONOMIE. — *Éléments de la planète découverte par M. Sy à Alger le* 26 *mai* 1916. Note de MM. **Louis Fabry** et **Henri Blondel**, présentée par M. G. Bigourdan.

Cette planète a été observée photographiquement à Alger, aux dates 26 mai, 2 et 9 juin 1916, par M. Sy qui la signala aussitôt comme pouvant être nouvelle. Mais comme une orbite provisoire calculée à Alger présentait quelque ressemblance avec celle de 562 Salomé, les observations furent publiées, dans le *Journal des Observateurs*, sous ce nom avec mention qu'il y avait doute.

Les calculs que nous avons effectués montrent que les positions de la planète Sy sont éloignées d'un degré de l'orbite de 562 Salomé; cela ne permet pas d'admettre l'identité des deux astres.

Nous avons en conséquence calculé les éléments, au moyen des trois observations faites par M. Sy, en employant la méthode exposée par Yvon Villarceau ([1]). Nous avons fait, comme il est généralement nécessaire, trois approximations successives. La troisième approximation a représenté exactement les observations et a été adoptée. Voici le résultat ainsi obtenu :

*Époque : 2 et 5 juin* 1916, *temps moyen de Greenwich.*

| | Centièmes de l'angle droit. | Degrés sexagésimaux. | |
|---|---|---|---|
| | c | ° ′ ″ | |
| M............ | 9,82220 | 8.50.23,9 | |
| ω............ | 193,05201 | 173.44.48,5 | Équin. moy. 1916,0 |
| ☊............ | 75,03517 | 67.31.54,0 | |
| $i$............ | 9,98818 | 8.59.21,7 | |
| φ............ | 6,79965 | 6. 7.10,9 | |
| μ............ | 0,23268616 | 753,90316 | |
| log $a$......... | 0,4484607 | | |
| | $m_0 = 13,6$; | $g = 10,1$. | |

Ces degrés n'offrent qu'une ressemblance assez vague avec ceux de 562 Salomé. Les éléments ☊ et $i$ ressemblent beaucoup à ceux de la planète 1902 HY, peu observée et dont on n'a calculé jusqu'ici qu'une orbite circulaire, mais le mouvement héliocentrique diffère beaucoup, de sorte que l'identité des deux astres n'est pas probable.

([1]) *Annales de l'Observatoire de Paris*, t. 3, 1857, p. 85.

En parcourant le Catalogue des orbites nous n'en avons trouvé aucune qui concorde avec les éléments ci-dessus; on peut en conclure que la planète découverte par M. Sy le 26 mai 1916 est probablement nouvelle.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur les fluctuations de la constante solaire.* Note [1] de M. **Henryk Arctowski.**

Des recherches de Joseph Henry [2], S.-P. Langley [3] et de W.-E. Wilson [4], il résulte que le rayonnement calorifique des taches solaires est sensiblement moindre que ne l'est celui de la photosphère.

Il y a donc lieu de se demander si les fluctuations de la constante solaire ne dépendent pas de la fréquence des taches.

La question a été discutée par R. Savelief [5]. Sa conclusion est que « l'intensité calorifique de la radiation solaire augmente avec l'activité des phénomènes qui se produisent à la surface du Soleil, celle-ci étant caractérisée par l'accroissement du nombre des taches ».

D'autre part, A. Defant [6] est arrivé à un résultat tout à fait opposé.

La question a également été abordée par C.-G. Abbot qui, quoique n'ayant pas obtenu un résultat concluant [7], a exprimé l'opinion que « une augmentation de $0^{cal},07$, par centimètre carré par minute, de la constante solaire acccompagne une augmentation de 100 des nombres relatifs de taches » [8].

Abbot s'étant servi de moyennes mensuelles de ses déterminations de la constante solaire, ainsi que de moyennes mensuelles des nombres relatifs de Wolfer, il m'a paru utile de refaire les calculs. Des fluctuations très prononcées survenant à quelques jours d'intervalle, dans le cas de la constante solaire de même que dans le cas des taches, j'ai comparé, pour toutes les journées (des années 1905 à 1911) au cours desquelles des observations de la constante solaire ont été faites à l'observatoire du Mont

---

(1) Séance du 20 novembre 1916.

(2) *Proc. Amer. Philos. Soc.*, t. 4, 1847, p. 173.

(3) *M. N. Roy. Astron. Soc.*, t. 37, 1875, p. 5.

(4) *M. N. Roy. Astron. Soc.*, t. 55, 1895, p. 457.

(5) *Comptes rendus*, t. 118, 1894, p. 62.

(6) *Meteor. Zeit.*, 1913, p. 289.

(7) *Annals of the Astrophysical Observatory*, t. 3, 1913, p. 130.

(8) *Annual Rep. Smiths. Inst.*, 1913, p. 182.

Wilson, ces valeurs, aux aires projetées d'ombres mesurées à Greenwich.

Dans le Tableau ci-dessous je reproduis les moyennes des groupes formés de dix valeurs de constante solaire progressivement croissantes :

| 1905. | | 1906. | | 1908. | | 1909. | | 1910. | | 1911. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $E_0$. | Umb. | $E_0$. | Umb. | $E'_0$. | Umb. | $E'_0$. | Umb. | $E'_0$. | Umb. | $E'_0$. | Umb. |
| 1,96 | 191,4 | 1,969 | 118,3 | 1,893 | 88,1 | 1,844 | 114,0 | 1,858 | 81,5 | 1,869 | 6,3 |
| 1,99 | 223,2 | 1,999 | 111,7 | 1,914 | 173,3 | 1,878 | 114,4 | 1,892 | 69,0 | 1,890 | 5,7 |
| 2,01 | 220,5 | 2,014 | 168,9 | 1,924 | 68,2 | 1,890 | 117,6 | 1,900 | 27,4 | 1,901 | 8,9 |
| 2,03 | 303,6 | 2,026 | 232,5 | 1,932 | 111,0 | 1,903 | 40,6 | 1,905 | 62,8 | 1,909 | 4,8 |
| 2,06 | 263,0 | 2,037 | 155,0 | 1,937 | 170,4 | 1,917 | 95,0 | 1,915 | 70,4 | 1,917 | 8,8 |
| 2,09 | 170,7 | 2,059 | 232,6 | 1,943 | 142,2 | 1,925 | 80,1 | 1,920 | 62,1 | 1,923 | 6,2 |
| | | | | 1,950 | 154,3 | 1,930 | 79,1 | 1,925 | 60,5 | 1,930 | 9,5 |
| | | | | 1,958 | 130,8 | 1,939 | 55,7 | 1,929 | 60,7 | 1,938 | 3,6 |
| | | | | 1,967 | 139,4 | 1,959 | 40,1 | 1,936 | 39,3 | 1,946 | 2,7 |
| | | | | 1,977 | 219,0 | 1,992 | 37,8 | 1,952 | 42,9 | 1,962 | 6,0 |
| | | | | 1,996 | 233,3 | | | 1,981 | 48,2 | 1,993 | 3,0 |

Ce Tableau démontre qu'en 1905, 1906 et 1908 les sommes des aires de taches étaient plus grandes lorsque la constante solaire était au-dessus de la moyenne, tandis qu'en 1909, 1910 et 1911 le contraire eut lieu.

Il semble donc que pour les années de grande fréquence de taches solaires toute augmentation momentanée de taches produit une augmentation de la radiation solaire, tandis que pour les années de moindre fréquence c'est une diminution temporaire de l'étendue ou du nombre de taches qui produit une augmentation de la constante solaire.

Cette contradiction apparente ne prouve nullement que les variations de la constante solaire sont indépendantes de celles des taches.

Les résultats des recherches de Henry, de Langley et de Wilson étant indiscutables, il faut bien admettre qu'une relation doit exister. Seulement, les taches ne sont évidemment que l'un des facteurs. Les facules et d'autres phénomènes solaires sont d'autres facteurs coagissants.

Or A. Mascari (¹) ayant montré que par suite de l'effet de facules, la radiation lumineuse du Soleil est à son maximum aux époques de maxima de taches, et étant arrivé moi-même au résultat que la température de l'atmosphère terrestre dépend des rapports des surfaces occupées par les facules et les taches (²), les chiffres du Tableau ci-dessus, bien loin d'être en contradiction avec d'autres faits d'observation, confirment simplement le

(¹) *Mem. Soc. Spettr. Ital.*, t. 35, 1906, p. 75.

(²) *Comptes rendus*, t. 161, 1915, p. 485.

fait qu'en dehors des taches solaires d'autres phénomènes affectent la constante solaire d'une façon suffisamment intense pour masquer en partie ou même totalement l'effet des taches.

RADIOLOGIE. — *Recherches théoriques et expérimentales sur les bases de la dosimétrie radiologique.* Note de MM. **R. Ledoux-Lebard** et **A. Dauvillier**, présentée par M. Villard.

Dans une précédente Note (¹) nous avons décrit un tube à rayons X qui permettrait la production d'une radiation ne possédant qu'un très petit nombre de constituants homogènes (sensiblement deux), mais nous n'avons fourni aucune donnée relative au choix des éléments que nous avons désignés par A et C.

Nous avons indiqué seulement que nous utiliserions les radiations caractéristiques de la série K de Barkla, à l'exclusion des radiations L, environ 300 fois moins pénétrantes et dénuées d'intérêt en radiothérapie profonde. Ceci donne comme limite inférieure à peu près 150 au poids atomique du radiateur secondaire C. De plus, ayant préconisé l'emploi de radiations aussi pénétrantes que possible, nous ne devrons considérer que les atomes les plus lourds, c'est-à-dire Ur, Th, Pt, Tu, Ta comme anticathodes et, de plus, Au, Pb, Bi comme radiateurs secondaires.

Si nous voulons utiliser le rayonnement fluorescent du thorium ou du platine, nous devrons l'exciter par le rayonnement caractéristique K (très impur) de l'uranium, pour opérer la transformation d'énergie avec le meilleur rendement. Ceci détermine les conditions de fonctionnement du tube :

D'après la relation approchée de Whiddington, il faudrait employer, pour exciter la fluorescence K de l'uranium, des électrons animés d'une vitesse de $2,38.10^{10}$ cm : sec. La tension correspondante est de 160 kilovolts, ce qui correspond à une distance explosive mesurée entre pointes d'environ $30^{cm}$.

Cette tension qui, ainsi que nous l'avons vu, devrait être continue, est donc pratiquement fort réalisable; elle donnerait à l'anticathode un rendement en rayonnement global très élevé, soit 7,4 millièmes, d'après la relation de Beatty corrigée. Si la dixième partie seulement de cette énergie est rayonnée utilement par le radiateur secondaire, le rendement du tube sera encore de l'ordre de celui d'un tube actuel.

Le rayonnement qu'on obtiendrait ainsi d'un « manchon » de thorium

---

(¹) *Comptes rendus*, t. 163, 1916, p. 171 (voir aussi t. 162, 1916, p. 405).

posséderait deux radiations principales dont les longueurs d'onde seraient :

$$\lambda_\beta = 0,113.10^{-8}\ \text{cm} \quad \text{et} \quad \lambda_\alpha = 0,151.10^{-8}\ \text{cm},$$

d'après la relation de Moseley. Cette dernière radiation, qui serait la plus intense, se rapprocherait donc beaucoup du rayonnement le plus pénétrant du radium B pour lequel la longueur d'onde minima est $\lambda = 0,137.10^{-8}$ cm,

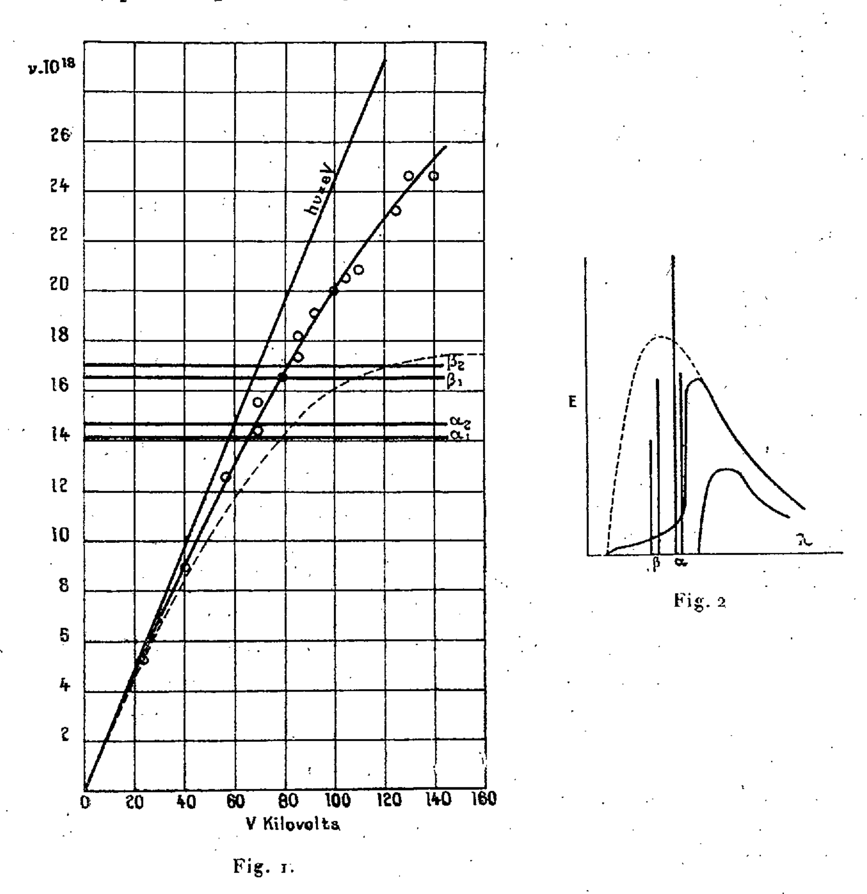



Fig. 1.

Fig. 2

et la première, de celui du radium C, dont la longueur d'onde minima est $\lambda = 0,099.10^{-8}$ cm.

Il est important de remarquer que, d'après des recherches récentes de Sir E. Rutherford et MM. Barnes et Richardson (¹), il ne serait pas utile de chercher, par un accroissement indéfini de la vitesse des électrons, à augmenter le pouvoir de pénétration du rayonnement émis. La plus courte longueur d'onde *effective*, c'est-à-dire

(¹) *Philosophical Magazine*, septembre 1915.

celle qui est obtenue par des mesures d'absorption, serait en effet limitée à celle de la raie $\beta_2$ de la série K.

Si l'on compare, d'après les données de ces auteurs, à ces résultats théoriques, le rayonnement du tube Coolidge actuel, à anticathode de tungstène, on voit que son rayonnement le plus pénétrant le serait beaucoup moins que celui du tube uranium-thorium. Alors que la radiation homogène la plus pénétrante du tube Coolidge $\lambda_\beta = 0,172.10^{-8}$ cm a un coefficient d'absorption dans l'aluminium égal à $0,39\,(\text{cm})^{-1}$, le rayonnement $K_\alpha$ de l'uranium aurait un coefficient voisin de $0,23\,(\text{cm})^{-1}$ et celui du thorium, seul utilisé, respectivement

$$\mu_{K_\beta} = 0,14\,(\text{cm})^{-1} \quad \text{et} \quad \mu_{K_\alpha} = 0,28\,(\text{cm})^{-1}$$

d'après la relation d'Owen et les récentes mesures de Bragg sur l'argent.

Il ne serait pas possible, avec la disposition que nous avons décrite dans notre Note précédente, d'utiliser le rayonnement fluorescent K de l'uranium. Si, en effet, on rendait identiques les éléments A et C, la fluorescence ne serait plus excitée sur le radiateur secondaire, qui jouirait, au contraire, de transmission sélective pour le rayonnement primaire. Les rayons K de l'uranium ne pourraient être obtenus que par filtration du spectre fourni par l'anticathode d'uranium au travers d'un écran de même métal. L'anticathode pourrait alors être un disque mince, convenablement refroidi, et fixé dans la paroi même de l'ampoule, disposition déjà décrite par Seitz, puis Owen, mais le rayonnement transmis serait très impur à cause de la grande intensité de la radiation générale qui apparaît aux tensions élevées.

En résumé, le dispositif que nous préconisons vise à obtenir à l'état de pureté et d'une façon intense les spectres K de haute fréquence des éléments les plus lourds connus, à les utiliser en radiothérapie, de manière à chercher à réaliser des effets sélectifs bien déterminés. Le dosage des rayons X est ainsi en réalité supprimé : les facteurs de l'énergie (courant continu) dépensée dans le tube étant parfaitement connus, ce dosage se réduit à une mesure de temps.

GÉOLOGIE. — *Sur l'existence d'une nappe de recouvrement dans les îles de Pomègues et de Ratonneau (golfe de Marseille).* Note (¹) de M. J. **Repelin**, présentée par M. Pierre Termier.

Les îles du golfe de Marseille, Pomègues, Ratonneau, le Château d'If ont toujours été considérées comme un lambeau de la côte isolé par

(¹) Séance du 20 novembre 1916.

l'érosion marine et les phénomènes d'immersion générale du littoral contemporain de la formation des calanques. Il était naturel de les rattacher, au point de vue tectonique, au dôme de Notre-Dame-de-la-Garde dont elles paraissaient n'être qu'une dépendance. Leur constitution d'apparence uniforme et à laquelle les assises urgoniennes seules semblaient avoir pris part justifiait cette conception.

La découverte, faite quelque temps après la déclaration de guerre, d'ammonites pyriteuses montra que d'autres sédiments que ceux de l'Urgonien se trouvaient dans les Iles. C'est à M. Ermann, préparateur de minéralogie à la Faculté des Sciences d'Alger, aujourd'hui mobilisé comme interprète militaire et qui se trouvait à cette époque en garnison à Ratonneau, qu'est due la découverte de *fossiles ferrugineux* aux pieds du rocher qui porte la chapelle du Frioul.

L'examen des fossiles, en mauvais état de conservation, ne permettait pas un diagnostic certain du terrain où ils se trouvaient, mais nous pensâmes immédiatement aux marnes aptiennes et Vasseur se proposa de suite d'aller visiter le gisement pour recueillir de nouveaux fossiles et les déterminer, mais les difficultés inhérentes aux conditions actuelles du pays, aussi bien que l'état de santé de Vasseur, mirent obstacle à l'exécution de ce projet.

Dernièrement, grâce à l'intervention de M. Termier, directeur du Service de la Carte géologique, M. le Ministre de la Guerre a bien voulu m'autoriser à visiter les Iles et à utiliser pour m'y rendre les convois de ravitaillement (¹).

Je n'ai pu tout d'abord retrouver le gisement signalé par M. Ermann sous la chapelle du Frioul, à cause des travaux de maçonnerie effectués depuis la découverte, mais j'ai eu la satisfaction de trouver un nouveau gisement plus étendu et présentant de nombreux fossiles de l'Aptien le plus supérieur : *Parahoplites furcatus* Sow., *Oppelia nisus* d'Orb., *Douvilleiceras Martini* d'Orb., *Belemnites semicanaliculatus* Blainv., *Terebratula sella* (?), *Terebratulina* sp., ainsi que des gastéropodes, des polypiers, des crinoïdes, etc. L'affleurement se trouve dans l'île de Ratonneau au fond de la Calanque qui pénètre profondément dans l'île (Havre de Morgiret), au nord de la digue du Frioul.

(¹) Je me fais un devoir de remercier les autorités militaires de Marseille et en particulier M. l'intendant Joleaud, dont le fils, le capitaine Joleaud, malgré ses blessures, a pu parfois m'accompagner, et M. le Commandant d'armes des îles Pelée de Saint-Maurice pour l'aide véritable qu'ils m'ont prêtée.

La présence de l'Aptien à Ratonneau est assurément un fait nouveau et intéressant, mais, ce qui présente un intérêt d'un autre ordre et d'une autre valeur, c'est la situation extraordinaire de l'affleurement. Les argiles et marnes de l'Aptien *supérieur* se montrent là sous une véritable voûte formée par les calcaires blancs de l'Urgonien qui constituent l'île de Ratonneau et la pénétration sous les roches blanches, d'ailleurs évidente, se trouve par surcroît démontrée par une apparition minuscule d'argiles dans une faille de friction, de l'autre côté de l'île, sur le versant Nord. Les argiles dans lesquelles M. Ermann a trouvé, pour la première fois, les fossiles ferrugineux sont, de même, dans une crevasse pénétrant sous les calcaires blancs urgoniens qui portent la chapelle du Frioul. Ainsi, il ne peut y avoir aucun doute, *les îles de Pomègues et de Ratonneau, loin d'être la continuation du massif de Notre-Dame-de-la-Garde sont constituées par des calcaires urgoniens provenant d'un accident tout à fait indépendant de ce massif et s'étendant en nappe sur un substratum d'Aptien supérieur*.

Quelle est l'origine de la nappe et quelle peut être son extension ? Évidemment les documents nous manquent pour résoudre ces questions. Toutefois, on ne peut manquer d'être frappé par l'identité de situation de l'Aptien dans l'île de Ratonneau et dans l'île Maïre. On doit, à mon avis, rapprocher également ces faits de la présence, sur le versant sud de la chaîne de la Nerthe, d'une grande nappe urgonienne sous laquelle l'Aptien supérieur apparaît, en fenêtre, à Valapoux, Vallestelloné, Ensué, Romaron, nappe paraissant provenir du Sud et dont la situation, par rapport aux autres accidents tectoniques de la Nerthe, m'a toujours paru assez indépendante.

Il semble donc naturel de rattacher l'Urgonien de Maïre, celui des Iles, celui de la nappe de la Nerthe et peut-être aussi celui qui forme, en pleine Camargue, le curieux îlot de la Roque, à une seule et même nappe qu'on peut désigner sous le nom de *nappe de Ratonneau*.

## PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur le rayonnement nocturne.* Note de M. A. Boutaric, présentée par M. E. Bouty.

L'intensité du rayonnement nocturne, c'est-à-dire la perte de chaleur que subit, par minute, $1^{cm^2}$ de surface noire exposée à l'air libre, peut être considérée comme la différence entre l'émission Q de la surface rayonnante et la quantité de chaleur $q$ que cette surface reçoit de l'atmosphère.

Nous avons essayé, à partir de quelques données de la Physique et de la Météorologie, d'en calculer *a priori* une valeur approchée et de rendre compte de ses variations.

I. Voici les données dont nous ferons usage :

1° Nous désignerons par $\sigma\theta^4$ le rayonnement intégral du corps noir pour la température absolue $\theta°$, suivant la direction normale à la surface d'émission. On a, d'après Kurlbaum,

$$\pi\sigma = 7{,}68.10^{-11} \text{ cal.-gr. par cm}^2 \text{ et par min.}$$

2° Nous admettrons que l'absorption exercée par une tranche d'air humide sur l'ensemble des radiations émises par le corps noir à basse température est proportionnelle à la tension de la vapeur d'eau qu'il contient. L'énergie absorbée, sur un flux d'intensité I, par une couche d'air d'épaisseur $dz$ dans laquelle la vapeur d'eau a une tension $f$, peut s'exprimer par $\text{I}af\,dz$, $a$ étant un coefficient de proportionnalité que des expériences de Langley ([1]) permettent d'évaluer à $1{,}75.10^{-6}$ (on exprime $z$ en centimètres et $f$ en millimètres de mercure). L'émission de $1^{\text{cm}^2}$ de la couche, à la température absolue $\theta°$, sera $af\sigma\theta^4\,dz$.

3° La tension de la vapeur d'eau tombe, *en moyenne*, de la moitié de sa valeur tous les $1960^{\text{m}}$ ([2]). Si l'on désigne par $f_0$ la tension au niveau du sol, la tension à l'altitude $z$ pourra s'exprimer par la formule $f = f_0 e^{-\text{K}z}$. Quand on évalue $z$ en centimètres, le coefficient K est numériquement égal à $3{,}5.10^{-6}$.

4° La décroissance de la température de l'atmosphère en fonction de l'altitude est assez bien représentée par la relation ([3]) $\dfrac{\theta}{\theta_0} = \left(\dfrac{p}{p_0}\right)^{\frac{1}{3,5}}$. La variation de la pression suit approximativement la loi de Laplace et l'on a

$$\frac{p}{p_0} = e^{-kz} \qquad \text{avec} \qquad k = 1{,}25.10^{-6},$$

ce qui fournit

$$\frac{\theta}{\theta_0} = e^{-\frac{1}{3,5}kz}.$$

II. Considérons, à l'altitude $z$, une tranche d'air d'épaisseur $dz$, dont la température soit $\theta°$abs. et dans laquelle la tension de la vapeur d'eau ait la valeur $f$. L'émission de $1^{\text{cm}^2}$ de la couche dans la direction normale sera $\text{I}_z = af\sigma\theta^4\,dz$.

---

([1]) S.-P. LANGLEY, *Memoirs of Nation. Acad.*, Washington, t. 4, 2e Partie, 1889, p. 189.

([2]) ANGOT, *Traité élémentaire de Météorologie*, Paris, 1899, p. 188.

([3]) Voir, en particulier, SCHWOERER, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 8e série, t. 21, 1910, p. 433.

Une partie de ce flux va être absorbée par l'atmosphère dans le trajet de la tranche au sol. Désignons par I le flux qui parvient à l'altitude $\zeta$; le flux absorbé dans la tranche $d\zeta$ est

$$dI = I a f_0 e^{-K\zeta} d\zeta.$$

Intégrant de $\zeta = z$ à $\zeta = 0$, on obtient comme expression du flux émis par la tranche $dz$ qui parvient au sol,

$$i = I_z e^{-\frac{af_0}{K}(1-e^{-Kz})}.$$

Pour les faibles valeurs de $z$, $i$ est égal à $I_z e^{-af_0 z}$. Comme ce sont surtout les couches inférieures qui interviennent dans le rayonnement, cette dernière expression constitue une valeur approchée de $i$. On a alors

$$i = af_0 \sigma \theta_0^4 e^{-\left(K + \frac{4}{3,5}k + af_0\right)z} dz.$$

Le rayonnement atmosphérique qui atteint le sol normalement est la somme des flux élémentaires $i$, de $z = 0$ à $z$ infini, soit $\sigma\theta_0^4 \dfrac{af_0}{af_0 + \frac{4}{3,5}k + K}$.

Admettons, en première approximation, que le flux envoyé par l'atmosphère soit le même dans toutes les directions [1]; l'énergie absorbée par la surface noire variera suivant la loi de Lambert et l'énergie totale absorbée pour l'ensemble des directions sera

$$q = \pi\sigma\theta_0^4 \frac{af_0}{af_0 + \frac{4}{3,5}k + K}.$$

Le rayonnement nocturne a pour expression

$$r = \pi\sigma\theta_0^4 - q = \pi\sigma\theta_0^4 \frac{\frac{4}{3,5}k + K}{af_0 + \frac{4}{3,5}k + K} = \frac{7,68.10^{-11}\theta_0^4}{1 + \frac{f_0}{2,8}}.$$

III. Nous avons effectué, à Montpellier, pendant les années 1913 et 1914, une longue série d'observations du rayonnement nocturne, par des temps absolument clairs. Voici, prises au hasard, quelques valeurs obtenues :

---

(1) On peut diriger le calcul de manière à tenir compte des variations du flux avec l'incidence.

| Dates. | Heures. | $t_0$. | $f_0$. | $r$ (obs.). | $r$ (calc.). |
|---|---|---|---|---|---|
| | h m | °C. | mm | | |
| 7 mai 1913 .......... | 20.20 | 14 | 6,8 | 0,152 | 0,152 |
| 20 » .......... | 21.30 | 17 | 5,8 | 0,164 | 0,176 |
| 11 juin .............. | 21. 0 | 24 | 11,1 | 0,138 | 0,120 |
| 19 novembre ......... | 20. 0 | 11,2 | 7,3 | 0,142 | 0,142 |
| 1er décembre .......... | 20.15 | 7,6 | 7,3 | 0,123 | 0,130 |
| 17 » .......... | 20.30 | 8,6 | 5,1 | 0,132 | 0,157 |

L'accord entre la théorie et l'observation, très suffisant pour les valeurs moyennes de $f_0$, est moins bon pour les valeurs faibles ou très élevées. Dans tous les cas, le calcul et l'observation fournissent des résultats du même ordre de grandeur (¹). C'est bien, semble-t-il, tout ce qu'on peut demander à une théorie qui rend compte d'un phénomène aussi complexe que le rayonnement nocturne, d'autant plus que les coefficients $a$ et K dont nous avons fait usage pour tenir compte de l'absorption par la vapeur d'eau et de la décroissance de la vapeur d'eau en fonction de l'altitude, sont loin d'être connus avec précision.

BOTANIQUE. — *Quatre nouvelles Ochnacées de Madagascar.* Note (²) de M. F. **Gérard**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Le genre *Ouratea*, auquel appartiennent ces quatre nouvelles Ochnacées, est assez commun à Madagascar, car on en connaît déjà une vingtaine de représentants.

La première espèce que nous signalerons croît dans les environs de Maroantsetra, sur la côte nord-est de l'île; on la trouve dans les bois, à 300m d'altitude. C'est un arbuste simple, de 1m à 2m, dont les feuilles, très grandes, sont rassemblées au sommet de la tige. Le pétiole est excessivement court, renflé, de couleur vert brunâtre. Le limbe, spatulé et à sommet mucroné, s'atténue progressivement vers ce pétiole, au niveau duquel il n'atteint plus que 1cm,5 de largeur; dans le tiers supérieur, cette largeur est de 16cm à 20cm. Quant à la longueur, elle peut atteindre 80cm à 90cm, alors que les plus grandes feuilles des autres *Ouratea* jusqu'alors signalés à Madagascar ne dépassent pas 20cm à 25cm. Les bords du limbe sont marqués de dents courtes, assez régulièrement espacées de

(¹) Une légère modification relative au coefficient K permet de diminuer les écarts.

(²) Séance du 20 novembre 1916.

$7^{cm}$ à $8^{cm}$. Il y a sept à huit inflorescences dressées, en grappes composées, dont la longueur totale est de $40^{cm}$ à $50^{cm}$. Les fleurs, très nombreuses, serrées, sont brièvement ($5^{mm}$) ou longuement ($1^{cm},5$) pédicellées; elles sont très petites et offrent tous les caractères du genre. Nous nommerons cette espèce, qui a été récoltée par M. Perrier de la Bâthie, *Ouratea Perrieri*.

Le second *Ouratea* provient des bois secs et des terrains gréseux de la vallée du Sambirano, dans le nord-ouest de l'île. C'est un arbuste à rameaux très serrés, courts, à écorce noirâtre, avec de très nombreuses lenticelles blanches. Les feuilles sont alternes, coriaces, glabres, très rapprochées, avec un pétiole très légèrement aplati, et qui mesure en moyenne $5^{mm}$ à $6^{mm}$. Le limbe est ovale allongé, légèrement arrondi à la base, parfois émarginé au sommet, et avec des dents fines très aiguës sur les bords. Il a $5^{cm}$ à $7^{cm}$ de longueur sur une largeur moyenne de $2^{cm}$. Les inflorescences, qui sont latérales, sont des cymes corymbiformes de quatre à cinq fleurs; le pédoncule commun à $1^{cm}$ environ et chaque pédicelle floral a $1^{mm}$ à $2^{mm}$. Les sépales sont un peu plus grands que les pétales; il y a 30 étamines à filets persistants, beaucoup plus courts ($2^{mm}$) que les anthères. Le style a $9^{mm}$ à $10^{mm}$ de longueur et est à stigmate capité. En raison de la compacité de ses feuilles et de ses fleurs, les unes et les autres très rapprochées, nous avons nommé cette espèce *Ouratea densa*.

La troisième espèce est un arbuste de $3^{m}$ à $4^{m}$, qui pousse dans l'Analamazaotra, le long du chemin de fer de Tamatave à Tananarive, dans l'est de l'île. Les rameaux en sont grêles, relativement courts; les feuilles sont insérées perpendiculairement ou retombent vers le sol. Ces feuilles sont persistantes, alternes, rapprochées par groupes de 7 à 10; elles sont oblongues, et le pétiole, de $6^{mm}$ de longueur, est noir et épais. Le limbe, légèrement décurrent, est à sommet aigu, parfois terminé par une petite pointe, et à base atténuée, entier; il y a $9^{cm}$ à $15^{cm}$ de longueur sur $2^{cm}$ de largeur. Il y a des stipules intra-axillaires et de nombreux bourgeons foliaires internodaux. L'inflorescence est une longue grappe très lâche, noire, grêle, terminale, pendante, de $25^{cm}$ à $30^{cm}$ de longueur. Ce sera l'*Ouratea laxiflora*.

Notre quatrième et dernière espèce croît sur dunes littorales de la côte Nord-Est. L'arbuste, dont des échantillons ont été récoltés à Antalaha, a $4^{m}$ à $5^{m}$; ses feuilles persistantes ont un pétiole très court, épais, brun noirâtre. Le limbe est obovale, ou spatulé, glabre, coriace, à

bords légèrement dentés en scie; il a $15^{cm}$ à $17^{cm}$ de longueur sur $5^{cm}$ à $6^{cm}$ de largeur dans le tiers moyen et $1^{cm},05$ à $2^{cm}$ vers la base. L'inflorescence est une grappe de cyme composée, de $10^{cm}$ à $20^{cm}$ de longueur, avec un pédoncule principal comme canaliculé. Les fleurs sont nombreuses, et groupées par 3 à 5. Les pétales sont d'une belle couleur jaune, qui persiste à la dessiccation ; l'androcée est composée de 10 étamines, groupées par 2 en un seul verticille; les filets sont presque nuls ($0^{mm},5$), surmontés d'anthères beaucoup plus longues ($5^{mm}$). Nous nommerons cette espèce *Ouratea lutea*.

On remarquera que ces quatre *Ouratea* correspondent à des régions diverses de Madagascar, sur le versant oriental comme sur le versant occidental.

MICROBIOLOGIE. — *Inoculabilité de la variole à la génisse vaccinée, mais non complètement immunisée.* Note de M. A. **Béclère**, présentée par M. A. Laveran.

L'immunisation conférée par la vaccine contre la variole et par la variole contre la vaccine est un des faits les plus solidement établis de par l'observation et l'expérimentation.

La récente Note de MM. R. Würtz et E. Huon, intitulée : *Variolisation des génisses immunisées contre la vaccine* (¹), semble le remettre en question, sinon même le contredire. Ce n'est toutefois qu'une apparence.

A ces expérimentateurs revient le mérite d'avoir réussi, dans la proportion de cinq fois sur sept, à inoculer la variole à la génisse et surtout d'avoir déterminé les conditions du succès de cette inoculation si exceptionnellement obtenue avant leurs recherches. Ils réussissent à déterminer, chez la génisse, une éruption variolique généralisée à la condition de pratiquer l'inoculation variolique 8 jours après l'inoculation du vaccin jennérien.

De ce fait expérimental ils donnent l'interprétation que voici en résumé :

« L'inoculation variolique est suivie de succès quand elle est pratiquée 8 jours après l'inoculation vaccinale, c'est-à-dire *lorsque l'immunité vaccinale est établie de façon absolue*, puisqu'à ce moment de nouvelles inoculations vaccinales demeurent toujours stériles. Il semble légitime d'en déduire que la variole et la vaccine sont dues à deux organismes très différents. »

(¹) *Comptes rendus*, t. 163, 1916, p. 311.

Cette interprétation, acceptable lorsqu'on ne connaissait pas d'autre critérium de l'immunité que l'état réfractaire de la peau à une inoculation nouvelle, est incompatible avec les résultats des recherches expérimentales que j'ai poursuivies, de 1892 à 1900, avec mes regrettés collaborateurs, MM. Chambon et Saint-Yves Ménard (¹).

Comme nous l'avons démontré, c'est seulement du neuvième au treizième jour après l'inoculation vaccinale que le sang de la génisse commence à manifester, vis-à-vis du vaccin, des propriétés virulicides; c'est d'ordinaire après 12 jours écoulés qu'il est virulicide. C'est aussi seulement du neuvième au treizième jour après l'inoculation vaccinale que disparaît la virulence du vaccin intra-dermique recueilli à la base des éléments éruptifs, même flétris et desséchés; c'est d'ordinaire après 12 jours écoulés qu'elle a disparu. Entre ces deux phénomènes existe une concordance parfaite. On ne peut modifier la date d'apparition de l'un sans faire varier simultanément celle de l'autre et le second semble bien être la conséquence du premier. Caractérisée par ces deux phénomènes, l'immunité complète n'est établie que 12 jours environ après la première inoculation.

Il n'en est pas moins vrai qu'après 8 jours seulement la peau est devenue réfractaire à une nouvelle inoculation de vaccin. L'écart entre ces deux dates correspond exactement à la durée de la période d'incubation de 4 jours environ qui précède l'éclosion des éléments éruptifs aux points inoculés. En fait, 8 jours après l'inoculation vaccinale, la peau de la génisse ne constitue pas encore un terrain destructeur pour les germes vaccinaux qu'on y ensemence, mais se comporte en apparence comme tel, parce que ses propriétés destructives apparaîtront avant que les germes ensemencés aient eu le temps d'éclore. *A priori*, rien ne s'oppose absolument à l'éclosion de germes plus actifs ou plus résistants, ensemencés à la même date, et c'est précisément ce qui advient dans le cas de l'inoculation variolique.

Que cette inoculation variolique soit d'ailleurs favorisée par l'inoculation vaccinale antécédente, le fait est en accord avec nos propres recherches. Il y a 18 ans, nous avons démontré que l'inoculation vaccinale, avant de provoquer la formation de substances empêchantes et virulicides, commence par provoquer la formation de substances favorisantes puisque, si

(¹) *Comptes rendus*, t. 127, 1898, p. 1227. — *Études sur l'immunité vaccinale* (3ᵉ Mémoire) : *Le pouvoir antivirulent du sérum de l'homme et des animaux immunisés contre l'infection vaccinale ou variolique* (*Annales de l'Institut Pasteur*, 25 février 1899).

les inoculations sous-épidermiques sont précédées à 4, 5, 6 et même 7 jours d'intervalle par une inoculation sous-cutanée, les éléments éruptifs apparaissent toujours en avance de 24 heures au moins sur les délais habituels.

En résumé, l'inoculation de la variole à la génisse, 8 jours après l'inoculation vaccinale, réussit à un moment où la peau est, il est vrai, devenue réfractaire à une nouvelle inoculation de vaccin, mais où cependant l'immunité caractérisée par le pouvoir virulicide du plasma sanguin et par la disparition de la virulence du vaccin intra-dermique n'est pas encore établie. Pratiquée seulement un jour plus tard, cette inoculation demeure stérile.

Pour conclure, le virus vaccinal et le virus variolique n'ont certainement pas la même activité, mais rien ne permet d'affirmer qu'il existe entre eux une différence de nature ou d'espèce.

A 16 heures l'Académie se forme en Comité secret.

## COMITÉ SECRET.

### Rapport *du Conseil de la* Fondation Loutreuil.

(Commissaires : MM. Jordan, Darboux, A. Lacroix, Le Chatelier, le prince Bonaparte; Émile Picard, rapporteur.)

Nous avons l'honneur de faire connaître à l'Académie les décisions du Conseil de la Fondation Loutreuil. On se rappelle que, conformément à la volonté du donateur, les demandes de subvention sont examinées d'abord par un Comité consultatif, et ensuite par un Conseil formé de *six* membres de l'Académie, qui reçoit les propositions du Comité et prend les décisions définitives.

Il a été décidé que les demandes seraient réparties en trois catégories. Nous allons indiquer les subventions accordées en nous reportant à cette classification.

I. — *Demandes des établissements désignés par le testament.*

1° *Muséum d'Histoire naturelle.* — 2000$^{fr}$ à M. le professeur **Louis Roule** pour la continuation de ses recherches sur les poissons migrateurs de nos eaux marines et douces, en particulier des Salmonidés.

10 000$^{fr}$ pour la remise en état du Laboratoire maritime de l'île de Tatihou à Saint-Vaast-La-Hougue; ce laboratoire a dès le début de la guerre été réquisitionné pour servir de camp de concentration, et une grande partie du matériel a été mise hors d'usage.

2° *Collège de France.* — 700$^{fr}$ à M. le professeur **E. Gley** afin de compléter l'installation frigorifique pour laquelle une allocation lui a été déjà donnée l'an dernier. Cette somme est destinée à couvrir la plus-value occasionnée par les circonstances actuelles.

4350$^{fr}$ à M. le professeur **Nageotte** pour l'acquisition d'appareils lui permettant de poursuivre ses études sur la régénération des nerfs, études susceptibles d'importantes applications chirurgicales.

4000$^{fr}$ à M. l'abbé **Rousselot** en vue de continuer et de développer les expériences commencées par lui sur le repérage des pièces d'artillerie par le son. Les appareils à construire seront d'ailleurs utiles au laboratoire de phonétique expérimentale du Collège de France.

3° *Conseil central des Observatoires.* — 15 000$^{fr}$ à l'Observatoire de Paris, pour l'amélioration des instruments d'astronomie appliqués à la détermination de l'heure. D'après l'expérience acquise, on peut affirmer que la poursuite de la précision du centième de seconde n'est pas chimérique. La subvention permettra de commander un instrument des passages du type des instruments de longitude, mais plus grand et aussi perfectionné qu'il sera possible.

1500$^{fr}$ à l'Observatoire de Marseille pour assurer la publication du *Journal des Observateurs*, journal astronomique nouvellement créé, ayant pour objet de faire connaître les éléments des orbites des petites planètes, ainsi que leurs éphémérides et les observations les concernant.

4° *École nationale vétérinaire d'Alfort.* — 7000$^{fr}$ à cette École pour l'achat d'un appareil à projections et à enregistrement cinématographiques, qui sera de grande utilité pour l'étude et la démonstration de divers mouvements à l'état normal ou pathologique.

5° *École nationale vétérinaire de Lyon.* — 850fr à M. le professeur **Charles Porcher** pour ses recherches sur le lait, nécessitant un réfractomètre de Féry et un appareil pour la mesure des résistances électriques.

800fr à M. le professeur **François Maignon** pour acheter une balance de précision et une petite presse hydraulique, afin de poursuivre ses recherches sur la nutrition.

6° *École nationale vétérinaire de Toulouse.* — 5000fr à cette École pour une installation radiologique destinée au diagnostic des maladies des animaux.

II. — *Demandes des établissements appelés au Comité consultatif par le Président de l'Académie.*

1° *Conservatoire des Arts et Métiers.* — 4000fr à M. le professeur **Louis Blaringhem**, pour la création d'une collection type de détermination et de classification des bois industriels employés dans l'industrie aéronautique, faisant connaître les divers éléments qui permettent de fixer la valeur commerciale d'un bois.

5000fr *conditionnellement* à M. le professeur **James Dantzer**, destinés à la création d'un laboratoire pour l'essai des textiles, fils et tissus divers, sous la condition expresse que l'Union des Syndicats patronaux de l'Industrie textile fournisse la même somme pour cette création.

2° *École nationale supérieure des Mines.* — 10 000fr à cette École pour améliorer l'installation de ses laboratoires, particulièrement en ce qui concerne la machine motrice.

3° *Institut catholique de Paris.* — 2000fr à M. **Henri Colin** pour l'achat d'appareils ne faisant pas partie du matériel ordinaire d'un laboratoire de Botanique (tubes à gaz carbonique, détendeurs et manomètres de haute précision, étuves pour culture), afin de continuer ses recherches sur les conditions de destruction de divers bacilles.

2000fr à M. **Jules Hamonet**, destinés à l'acquisition d'appareils qui serviront à déterminer les constantes physiques et en particulier les indices de réfraction des corps nouveaux qu'il a découverts dans le groupe des glycols.

III. — *Demandes diverses directement adressées.*

1° 10 000fr à M. **Jules Garçon**, directeur de l'Association de Documentation bibliographique, pour la constitution de bibliographies de bibliographes, sous la condition expresse qu'une partie de cette somme soit employée à faciliter la confection de l'inventaire des périodiques scientifiques contenus dans les bibliothèques de Paris, entrepris par l'Académie.

2° 3000fr à M. **Guillaume Bigourdan** pour la construction d'un comparateur angulaire céleste permettant de mesurer la variation que peut offrir dans un court intervalle de temps la distance angulaire de deux astres.

3° 3000fr à M. **Henry Bourget** pour des recherches relatives à la Photométrie astronomique (éclat du ciel étoilé, lumière zodiacale, photométrie stellaire).

4° 2000fr à M. le professeur **A. Colson** pour continuer ses recherches sur la constitution de la particule dissoute et soumettre au contrôle des mesures thermochimiques les théories relatives aux dissolutions électrolytiques.

5° 7000fr à M. **Augustin Mesnager** pour l'amélioration de l'outillage du laboratoire d'essais de matériaux qu'il dirige à l'École des Ponts et Chaussées, et en particulier pour l'étude de l'action simultanée de deux efforts perpendiculaires sur un même corps, question de grande importance dans les constructions en béton armé.

6° 2000fr à M. **Jules Glover** pour continuer ses recherches sur la *téléphonie solidienne*, permettant l'usage de la téléphonie dans le bruit de la bataille, et applicable aussi à l'auscultation et à l'exploration clinique à distance.

7° 7000fr à M. le professeur **Louis Joubin** pour terminer la publication des études relatives aux matériaux recueillis dans la seconde campagne antarctique de M. Jean Charcot. Il y a un intérêt national à ce que cette importante publication puisse être achevée.

8° 5000fr à la Société de Documentation paléontologique; cette Société a été fondée dans le but de fournir aux paléontologistes l'instrument de documentation qui leur manque, et qui, dans l'état actuel de la Science, est devenu indispensable pour leurs travaux.

9° 2000fr à M. **J.-M.-R. Surcouf** pour aider à la publication de l'Ouvrage où il étudie la systématique et les mœurs des Diptères de la famille des Tabanides (Taons), animaux offrant le plus grand intérêt scientifique et pratique, puisqu'ils sont capables de transmettre à l'homme et aux animaux les virus microbiens.

Les subventions accordées s'élèvent à 115200fr. Nous en donnons la récapitulation dans le Tableau ci-dessous :

*Récapitulation des subventions accordées.*

| | fr |
|---|---|
| M. Louis Roule | 2 000 |
| Laboratoire maritime de Tatihou | 10 000 |
| M. Gley | 700 |
| M. Nageotte | 4 350 |
| M. l'abbé Rousselot | 4 000 |
| Observatoire de Paris | 15 000 |
| Observatoire de Marseille | 1 500 |
| École nationale vétérinaire d'Alfort | 7 000 |
| M. Porcher | 850 |
| M. Maignon | 800 |
| École nationale vétérinaire de Toulouse | 5 000 |
| M. Louis Blaringhem | 4 000 |
| M. Dantzer (1) | 5 000 |
| École nationale supérieure des Mines | 10 000 |
| M. Colin | 2 000 |
| M. Hamonet | 2 000 |
| M. Jules Garçon (2) | 10 000 |
| M. Bigourdan | 3 000 |
| M. Bourget | 3 000 |
| M. Colson | 2 000 |
| M. Mesnager | 7 000 |
| M. Jules Glover | 2 000 |
| M. L. Joubin (Mission Charcot) | 7 000 |
| Société de Documentation paléontologique | 5 000 |
| M. Surcouf | 2 000 |
| Total | 115 200 |

(1) Sous la condition expresse que l'Union des Syndicats patronaux de l'Industrie textile fournisse une somme égale pour la création d'un laboratoire d'essai des textiles, fils et tissus divers, au Conservatoire national des Arts et Métiers.

(2) Sous la condition expresse qu'une partie de cette somme soit employée à faciliter la confection de l'inventaire des périodiques scientifiques contenus dans les bibliothèques de Paris, entrepris par l'Académie.

L'Académie reprend l'étude de la création d'un Laboratoire national de Physique et de Mécanique.

Après discussion, le vœu adopté dans la séance précédente est complété ainsi qu'il suit (cette adjonction est votée à mains levées) :

« L'Académie des Sciences, convaincue de la nécessité d'organiser en France d'une manière systématique certaines recherches scientifiques, émet le vœu de voir créer un Laboratoire national de Physique et de Mécanique, chargé spécialement de poursuivre des recherches scientifiques utiles au progrès de l'industrie.

» Comme cela existe dans d'autres pays, ce Laboratoire serait placé sous la direction et le contrôle de l'Académie des Sciences.

» La direction générale de ce laboratoire serait confiée à un Conseil composé pour moitié de savants désignés par l'Académie, pour un quart de représentants des grandes administrations de l'État, pour un quart de délégués des principaux syndicats industriels. Ce Conseil serait présidé par le président de l'Académie et nommerait son vice-président; il ferait chaque année un Rapport à l'Académie sur l'état des travaux du laboratoire. Ce Conseil confierait à un Comité technique peu nombreux, choisi parmi ses membres, le soin de contrôler l'activité du laboratoire, d'arrêter les sujets d'études et de faire des propositions pour le recrutement du personnel. Le président de ce Comité serait choisi par le Conseil.

» Dans le cas où l'on jugerait utile de rattacher au Laboratoire national certains laboratoires de l'État aujourd'hui existants et faisant des essais ou des études d'ordre industriel, ces laboratoires seraient considérés comme des filiales du Laboratoire national. Une coordination intime devrait alors être établie dans le fonctionnement de ces divers organismes. Il pourrait en être de même, s'ils le désiraient, de certains laboratoires privés actuellement existants ou à fonder. Ces filiales auraient chacune un représentant dans le Conseil en sus des membres prévus plus haut.

» Une subvention importante devrait être prévue tant pour le fonctionnement du laboratoire que pour l'aide à donner aux établissements qui se grouperaient autour de lui. »

La séance est levée à 17 heures trois quarts.

A. Lx.

---

## BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

---

OUVRAGES REÇUS DANS LES SÉANCES D'AOUT 1916 (*suite et fin*).

Universidad nacional de la Plata. *Memoria correspondiente a* 1914, nº 4. La Plata, Facultad de Ciencias fisicas, 1916; 1 vol. in-8°.

*La Acción del sulfato de cobre sobre las algas de la aguas potables,* por el doctor ATILIO A. BADO. Buanos-Aires, Compania sud-americana de billetes de banco, 1916; 1 fasc. in-8°.

*Methods of determining the variations of magnetic inclination and vertical force of the Earth*, by S. POPROOJENKO. Odessa, typographie technique, 1916; 1 vol. in-8°. (En langue russe.)

*List of the Geological Society of London*, july, 1916. Burlington House, Piccadilly, W.

*The national physical Laboratory. Report for the year* 1915-1916. Teddington, Parrott, 1916; 1 fasc. in-4°.

*Report of the director of the royal Observatory, Hongkong, for the year* 1915. Hongkong, Noronha, 1916; 1 fasc. in-8°.

*Classified catalogue of the library of the director general of archæology*, supplement III, additions, 1912-1915. Calcutta, Superintendent Government printing India, 1916; 1 vol. in-8°.

*Investigation of the Peat Bogs and Peat Industry of Canada*, 1913-1914, by ALEPH ANREP. Ottawa, Government printing Bureau, 1915; 1 vol. in-8°.

*Report of the librarian of Congress and report of the Superintendent of the library building and grounds, for the fiscal year ending june* 30, 1915. Washington, Government printing Office, 1915; 1 vol. in-8°.

*Digest of comments on the pharmacopoeia of the United States of America and on the national formulary, for the calendar year ending december* 31, 1914, by MARTIN I. WILBERT. Washington, Government printing Office, 1916; 1 vol. in-8°.

*Annual report of the U. S. national Museum*, 1915. Washington City, 1916; 1 vol. in-8°.

United States America. Department of the Interior. *Commissioner of Education, Report*, 1915, I. Washington, Government printing Office, 1915; 1 vol. in-8°.

*Videnskabelige Meddelelser fra Dansk naturhistorisk Forening i Kjöbenhavn*, bind 67. Odense, Andelsbogtrykkeriet, 1916; 1 vol. in-8°.

*Observations météorologiques suédoises*, publiées par l'Institut central de Météorologie, vol. 56, 2e série : vol. 42, 1914. Stockholm, Almqvist et Wiksells.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 4 DÉCEMBRE 1916.

PRÉSIDENCE DE M. CAMILLE JORDAN.

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. le sénateur Paterno, Membre de l'Académie Royale dei Lincei, qui assiste à la séance.

GÉOLOGIE. — *Sur les discontinuités de sédimentation et les niveaux de brèches dans les Alpes françaises.* Note (¹) de MM. **W. Kilian** et **J. Révil**.

Il demeure réservé à des recherches futures de retrouver en Italie et en Suisse les deux niveaux de brèches de Tarentaise dont nous avons (²), dans une Note précédente, démontré l'existence au nord-ouest d'Aime et de Bourg-Saint-Maurice. Rappelons toutefois qu'au Six-Blanc et au Col de Fenêtre (³), MM. Kilian et P. Lory ont observé la Brèche du Télégraphe typique; quant à la brèche polygénique, elle passerait probablement d'autre part, en synclinal, à l'est du Col de la Seigne, entre les Pyramides calcaires et les Schistes lustrés mésozoïques du Col de Broglie où elle serait à distinguer d'un complexe de brèches considérées jusqu'à ce jour comme jurassiques (⁴), notamment dans le massif du Mont Fortin.

(¹) Séance du 6 novembre 1916.

(²) *Comptes rendus*, t. 163, 1916, p. 474.

(³) W. Kilian et P. Lory, *Observations relatives à la feuille du Grand-Saint-Bernard au* 320000ᵉ (*Bulletin des services de la Carte géologique de France*, t. 16, nº 110, p. 174).

(⁴) W. Kilian, P. Lory et S. Franchi, *Sur les rapports des Schistes lustrés avec les faciès dauphinois et briançonnais du Lias* (*Bulletin des services de la Carte géologique de France*, t. 18, nº 119, p. 135).

Il est intéressant de remarquer que, dans les diverses zones des chaînes alpines, les traces de *discontinuités* dans la sédimentation sont fréquentes et attestées par de nombreuses alternances de brèches et de schistes. De plus, les brèches éogènes en particulier indiquent, par leur nature essentiellement polygénique, l'existence, au moment de leur formation, *de reliefs déjà constitués par des assises variées* et, par conséquent, de dislocations et de ridements suivis d'érosion ayant préalablement amené ces assises au jour, et dans lesquels il convient de voir, avec M. Argand, les « *embryons* » des grands plis et des nappes intra-alpines.

Ces constatations permettent en outre d'affirmer que *la part des dislocations « intracorticales »* postoligocènes dans la formation des Alpes occidentales *ne doit pas être exagérée* et que les manifestations ultimes du plissement alpin ont été précédées par une série de ridements successivement démantelés par les érosions paléozoïques, mésozoïques et éogènes et ayant ainsi fourni les éléments d'une suite de niveaux de brèches et de conglomérats de divers âges.

L'énumération de ces divers niveaux de brèches [1] et de conglomérats observés dans les Alpes françaises confirme ces considérations et mérite d'être mentionnée. En remontant des plus anciennes aux plus récentes de ces formations, on a les complexes suivants :

1° *Brèches des schistes cristallins* d'âge antéhouiller (Entraigues, Oisans, etc.), signalés par MM. Termier, Kilian, etc.

2° *Brèches houillères*, généralement constituées par des débris à peine roulés de roches primitives, identiques à celles qui affleurent dans le voisinage (la Festinière près La Mure) (W. Kilian, Duparc et Ritter) ou par des éléments granitiques [Poudingues de Vallorcine (Alph. Favre)]. — Poudingues du Houiller et du Permien (Verrucano).

3° *Brèches triasiques*, calcaires, gris cendré, silico-dolomitiques, observables près des granges du Galibier (Kilian et Révil).

4° *Brèches du Télégraphe* (W. Kilian), développées dans l'est de la zone dauphinoise et dans la région du « type intermédiaire » en approchant de la zone du Briançonnais, mais surtout dans cette zone elle-même.

5° *Brèches de Villette* (Lias supérieur), ne constituant qu'un accident dans une masse de calcaires cristallins, d'origine sans doute récifale, et formant un noyau synclinal dans le Lias (Kilian et Révil).

6° *Brèches à la base du Jurassique supérieur*, dans le massif du Galibier (W. Kilian) et en divers points du Briançonnais.

---

(1) Certaines de ces brèches contiennent en effet, à côté d'éléments anguleux, des galets perforés par des Pholades (Villette) et méritent le nom de *conglomérats à éléments imparfaitement roulés*.

7° *Brèches du Plan-de-Nette,* sur le bord est du massif de la Vanoise (W. Kilian), Jurassique supérieur (considérée comme liasique par J. Boussac).

8° *Brèches dans le « Flysch calcaire » du Briançonnais* (W. Kilian et Ch. Pussenot) *et de l'Ubaye* (Ravin du Bachelard) Kilian et Haug).

9° *Brèches polygéniques de Tarentaise et de la Maurienne,* les Aiguilles d'Arves, Villarclément, Varbuche, Crève-Tête, environs de Moutiers, le Quermoz, environs de Tessens, la Portetta, les Chapieux, etc. (Kilian et Révil).

10° *Brèches polygéniques du Briançonnais* (l'Alp et l'Eychanda, le Gros près Guillestre, les Salettes, etc.) (W. Kilian et Ch. Pussenot), dans le Flysch noir et les schistes lustrés éogènes; contenant des Galets de « Roches vertes » et de Gneiss basiques.

11° *Brèches lattorfiennes* du massif des Bauges (Révil) et conglomérats oligocènes divers (Haug, P. Lory, Zürcher) (Dévoluy, Basses-Alpes, etc.).

12° Brèches chattiennes (oligocènes) de Vimines près Chambéry, essentiellement calcaires, lacustres et à éléments « pralinés » (Révil).

13° Brèches et conglomérats burdigaliens des zones subalpines et jurassiennes de la Savoie et du Dauphiné (¹).

14° Conglomérats tortoniens et pontiens des régions subalpines diverses (Bas-Dauphiné, Basses-Alpes, etc.).

15° Brèches de pentes, très épaisses à la base de certains versants et constituées par des éboulis cimentés. (Périodes pléistocène et actuelle.)

La fréquence de ces conglomérats et de ces brèches dans la série stratigraphique alpine permet de localiser dans le temps et dans l'espace la trace des *mouvements orogéniques anciens* et montre que les plissements des Alpes occidentales ont été ébauchés dès le cours de périodes relativement anciennes. Ces formations détritiques constituent les témoins des principaux stades du développement tectonique des Alpes et confirment les vues de E. Argand (²) qui a essayé récemment de figurer ces « ébauches (*embryons*) hercyniennes », le développement des « rides » (cordillères) et des « sillons » précurseurs du Trias à l'Oligocène inférieur, et enfin le « paroxysme orogénique » (Oligocène moyen) qui constituent les principales étapes de ce développement. Le dernier paroxysme qui aurait produit le « rassemblement des rides en une seule masse » et aurait été suivi d'une avancée (« déferlement ») de cette masse sur l' « avant-pays » aurait donc, suivant notre manière de voir, été vraisemblablement précédé

---

(¹) Voir W. KILIAN, *Présence de galets de variolite dans les conglomérats burdigaliens des environs de Grenoble et des Basses-Alpes* (*Comptes rendus sommaires des séances de la Société géologique de France*, nᵒˢ 10, 11, 12, 17 mai 1915).

(²) E. ARGAND, *Sur l'Arc des Alpes occidentales* (*Eclogæ Geologiæ Helvetiæ*, t. 14, n° 1, 1916, p. 145).

par la formation des brèches polygéniques éogènes dont *la répartition coïncide avec le « bord pennique frontal »*, c'est-à-dire avec l'emplacement d'un des plis couchés (nappes) les plus importants de toute la chaîne; ce n'est qu'après cet épisode que les mouvements intracorticaux du « paroxysme orogénique » ont pu se produire sous une puissante couverture de Flysch et compliquer encore la structure des pays intra-alpins en y provoquant les intrications et les contacts anormaux que nous révèlent actuellement les flancs des vallées alpines.

## CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Le Centenaire de Charles Gerhardt : I. Les Comptes rendus de Chimie. II. L'attaque de Liebig*, par le Dr M. Tiffeneau. (Présenté par M. A. Haller.)

2° *Les fièvres paratyphoïdes* B *à l'hôpital mixte de Zuydcoote, de décembre* 1914 *à février* 1916; par F. Rathery, L. Ambard, P. Vansteenberghe, R. Michel. (Présenté par M. Guignard.)

MM. **Magnan**, **Stassano** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le rôle de l'axiome de M. Zermelo dans l'Analyse moderne.* Note de M. **W. Sierpiński**, présentée par M. Émile Picard.

Le rôle de l'axiome de M. Zermelo dans la théorie des nombres cardinaux et des nombres transfinis est bien connu [1]. Le but de cette Note est de faire attention sur quelques points d'Analyse moderne où intervient l'axiome de M. Zermelo. Nous l'exprimons comme suit :

Pour tout ensemble M des ensembles E non nuls et sans éléments com-

---

(1) Voir par exemple B. Russel, *Comptes rendus des séances de la Société mathématique de France*, séance du 22 mars 1911, p. 22-35.

muns, il existe au moins un ensemble Z qui contient un élément et un seul de chaque ensemble E qui appartient à M.

Mais c'est un cas particulier de cet axiome qui joue un rôle capital dans beaucoup de questions d'Analyse moderne : c'est le cas où l'ensemble M est dénombrable ; nous le nommerons, pour abréger, l'axiome A.

Voilà quelques théorèmes dont la démonstration s'appuie sur cet axiome.

Nous dirons qu'une fonction $f(x)$, définie dans un intervalle $(a, b)$, est continue au point $x_0$ de cet intervalle au sens de Cauchy, si pour tout nombre positif $\varepsilon$ existe un nombre positif $\delta$ tel que l'inégalité

$$|x - x_0| < \delta \tag{1}$$

entraîne pour tout nombre $x$ de l'intervalle $(a, b)$ l'inégalité

$$|f(x) - f(x_0)| \leqq \varepsilon. \tag{2}$$

Nous dirons, d'autre part, qu'une fonction $f(x)$, définie dans un intervalle $(a, b)$, est continue au point $x_0$ de cet intervalle au sens de Heine si, pour toute suite infinie $x_n$ des nombres de l'intervalle $(a, b)$, la formule

$$\lim_{n=\infty} x_n = x_0$$

entraîne la formule

$$\lim_{n=\infty} f(x_n) = f(x_0).$$

La démonstration que les définitions de continuité d'une fonction en un point au sens de Cauchy et au sens de Heine sont équivalentes s'appuie sur l'axiome A. Plus précisément, pour démontrer l'équivalence de ces deux définitions, il faut et il suffit d'admettre l'axiome suivant :

Pour toute suite infinie des ensembles de nombres réels $X_1, X_2, X_3, \ldots$, sans points communs, existe au moins une suite infinie de nombres réels $x_1, x_2, x_3, \ldots$, dont les termes correspondant aux indices différents appartiennent toujours aux différents ensembles $X_n$.

Remarquons qu'on peut démontrer sans l'axiome de M. Zermelo qu'une fonction continue au sens de Heine dans un intervalle tout entier est dans cet intervalle continue au sens de Cauchy et réciproquement ([1]). La même

([1]) Cela résulte de la remarque que $x_0$ étant donné dans l'intervalle $(a, b)$ et $f(x)$ étant continue dans $(a, b)$, pour démontrer l'inégalité (2) pour tous les nombres $x$ de $(a, b)$ satisfaisant à l'inégalité (1), il suffit de la démontrer pour tous les $x$ rationnels de $(a, b)$ satisfaisant à l'inégalité (1).

remarque s'applique aux deux définitions de la dérivée en un point d'une fonction continue, analogues aux deux définitions de la continuité.

Si l'on appelle « fonction de la première classe » toute fonction limite des fonctions continues (la suite correspondante supposée existante, mais pas nécessairement effectivement donnée) et fonction de la deuxième classe toute fonction limite des fonctions de la première classe, la démonstration que toute fonction de la deuxième classe est une limite itérée des fonctions continues s'appuie sur l'axiome A.

Soit, en effet, $f(x) = \lim_{n=\infty} f_n(x)$ une fonction limite d'une suite de fonctions de la première classe. Pour tout indice $n$ il existe donc au moins une suite infinie $f_{n,k}(x)$ des fonctions continues telle que $\lim_{k=\infty} f_{n,k}(x) = f_n(x)$. Mais nous ne savons pas faire correspondre à toute fonction de la première classe $f_n$ une suite bien déterminée des fonctions continues $f_{n,k}$, telle que $\lim_{n=\infty} f_{n,k} = f_n$ (pourvu que $f_n$ ne soit pas donnée effectivement comme limite pour $k = \infty$ d'une suite $f_{n,k}$ des fonctions continues). Il faut donc, pour former la suite double $f_{n,k}$, faire une infinité de choix arbitraires.

La démonstration du théorème de M. Lebesgue, que l'ensemble somme d'une infinité dénombrable d'ensembles mesurables est un ensemble mesurable [1], s'appuie sur l'axiome A.

En effet, M. Lebesgue commence sa démonstration comme suit : « Soient $E_1$, $E_2$, ... des ensembles mesurables, en nombre fini ou dénombrable, n'ayant deux à deux aucun point commun, et soit E l'ensemble somme. On peut enfermer $E_i$ dans une infinité dénombrable d'intervalles $\alpha_i$ et $C_{AB}(E_i)$ dans les intervalles $\beta_i$ de manière que la mesure des parties communes aux $\alpha_i$ et $\beta_i$ soit égale à $\varepsilon_i$ ; les $\varepsilon_i$ étant des nombres positifs choisis de manière que la série $\Sigma\varepsilon_i$ soit convergente et de somme $\varepsilon$... ».

Ce raisonnement fait appel à l'axiome A, car pour tout ensemble mesurable $E_i$ et tout nombre positif $\varepsilon_i$ existe une infinité de couples des ensembles dénombrables d'intervalles $\alpha_i$ et $\beta_i$ tels que $E_i$ est enfermé dans les intervalles $\alpha_i$ et $C_{AB}(E_i)$ dans les intervalles $\beta_i$ de manière que la mesure des parties communes aux $\alpha_i$ et $\beta_i$ soit égale à $\varepsilon$, et nous n'avons aucune méthode qui ferait correspondre à tout ensemble mesurable $E_i$ et tout nombre positif $\varepsilon_i$ un couple déterminé. Il faut donc faire une infinité de choix, c'est-à-dire appliquer l'axiome de M. Zermelo.

On pourrait citer beaucoup d'autres propositions d'Analyse moderne qu'on ne peut démontrer que par le moyen de l'axiome A. Il y en a, comme on sait, beaucoup d'autres, pour lesquels ne suffit pas l'axiome A, mais qui font appel à l'axiome de M. Zermelo dans sa forme non dénombrable.

---

(1) H. LEBESGUE, *Leçons sur l'intégration*, p. 107, Paris, 1904.

Citons seulement l'existence des fonctions non mesurables (L) et l'existence des fonctions mesurables (L) de fonctions continues qui sont non mesurables (L).

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur les formes de Dirichlet et sur les substitutions loxodromiques du groupe de Picard.* Note de M. **Gaston Julia**, présentée par M. Émile Picard.

Nous avons montré dans une précédente Note (20 novembre 1916, p. 599) que si la forme de Dirichlet

$$\alpha x^2 + 2\beta xy + \gamma y^2 \qquad (\alpha, \beta, \gamma \text{ entiers complexes})$$

était telle que norme $(\beta^2 - \alpha\gamma)$ soit carré parfait, il existait une substitution modulaire hyperbolique conservant la forme. La réciproque est aisée à démontrer. Si $z_1$ et $z_2$ sont les points racines de la forme précédente, et si cette forme est conservée par la substitution hyperbolique S

$$\left(z' = \frac{az+b}{cz+d},\ ad - bc = 1\right),$$

$z_1$ et $z_2$ seront les points doubles de la substitution et l'on pourra l'écrire

$$\frac{z'-z_1}{z'-z_2} = \lambda \frac{z-z_1}{z-z_2} \qquad (\lambda \text{ réel}).$$

De là se tirent les égalités

$$\frac{z_1 - \lambda z_2}{a} = \frac{(\lambda - 1) z_1 z_2}{b} = \frac{1-\lambda}{c} = \frac{\lambda z_1 - z_2}{d},$$

d'où se conclut

$$z_1 - z_2 = \frac{a+d}{b+c}(z_1 z_2 - 1)\frac{\lambda - 1}{\lambda + 1}.$$

Or $\frac{a+d}{b+c}(z_1 z_2 - 1)$ est un nombre rationnel complexe, et $\frac{\lambda-1}{\lambda+1}$ un nombre réel; on voit donc que $(z_1 - z_2)$ *a même argument qu'un nombre rationnel complexe*. Or la condition que norme $(\beta^2 - \alpha\gamma)$ soit carré parfait, équivaut (par l'étude de l'équation classique $\alpha^2 + \beta^2 = \gamma^2$ en nombres entiers réels) à dire que $(\beta^2 - \alpha\gamma)$ *doit être de la forme* $At^2$ *ou* $Ait^2$ (A étant un entier réel, $t$ un entier complexe, d'ailleurs quelconques), et l'expression

$$\frac{z_1 - z_2}{2} = \frac{\sqrt{\beta^2 - \alpha\gamma}}{\alpha},$$

$\alpha$ étant rationnel complexe, montre que les deux conditions :

1° $$\text{norme}\,(\beta^2 - \alpha\gamma) = (\text{carré parfait})$$

et

2° $$\arg(z_1 - z_1) = (\text{argument d'un nombre rationnel complexe})$$

sont complètement équivalentes; d'où la réciproque annoncée. A ce point de vue on peut diviser les formes de Dirichlet en trois classes :

1° Les formes générales pour lesquelles norme $(\beta^2 - \alpha\gamma)$ *n'est pas carré parfait*. Le groupe cyclique infini de substitutions modulaires qui les conserve est formé de substitutions loxodromiques pour lesquelles le multiplicateur $k = re^{i\theta}$ a un *argument* $\theta$ *incommensurable à* $2\pi$. Ces formes engendrent des *corps biquadratiques*.

2° Les formes pour lesquelles norme $(\beta^2 - \alpha\gamma)$ *est carré parfait* sans que $(\beta^2 - \alpha\gamma)$ lui-même le soit. La substitution modulaire génératrice du groupe cyclique qui les conserve a un multiplicateur $K = re^{i\theta}$ dont l'argument $\theta$ est *commensurable à* $2\pi$ $\left[\theta = \frac{2p\pi}{n} (p \text{ et } n \text{ entiers})\right]$. Ces formes engendrent des corps *simplement quadratiques*.

3° Les formes à racines rationnelles correspondant à $(\beta^2 - \alpha\gamma)$ *carré parfait d'un entier complexe*. Ce sont des formes banales.

Il reste à déterminer dans le deuxième cas *toutes les valeurs possibles de l'entier n*. Une pareille étude est l'étude des *substitutions loxodromiques du groupe de Picard*, car les substitutions hyperboliques ou loxodromiques de ce groupe correspondent aux formes de Dirichlet et inversement. En considérant donc la substitution S

$$z' = \frac{az + b}{cz + d} \qquad (ad - bc = 1),$$

on sait que son multiplicateur K est donné par

$$K^2 - K[(a + d)^2 - 2] + 1 = 0.$$

De plus, la forme

$$cx^2 + (d - a)xy - by^2$$

dont les racines sont les points doubles de S doit être supposée de la deuxième catégorie :

$$\text{norme}\,[(a + d)^2 - 4] = \text{carré parfait}.$$

Posant $a + d = u$, il faudra donc que l'entier $u$ soit tel que $u^2 - 4$ soit de

la forme $At^2$ ou $Ait^2$, et ensuite on aura

$$K = \frac{u^2 - 2 + \sqrt{u^2(u^2-4)}}{2}.$$

Tout revient donc à l'étude des deux équations

(1) $$u^2 - A\,t^2 = 4,$$
(2) $$u^2 - A\,it^2 = 4,$$

où les inconnues sont $u$ et $t$ entiers complexes, A entier réel qu'on peut supposer positif.

En fixant A on a deux équations de Pell à résoudre en entiers complexes. C'est une recherche qu'on peut faire en s'inspirant d'une recherche analogue de Dirichlet pour $X^2 - DY^2 = 1$. Puis A recevra toutes les valeurs entières positives. Voici les conclusions :

1° *Équation* (1). — Si $A \neq 3$, toute solution $(t, u)$ entière de (1) est formée de nombres *simultanément réels*, ou *tous deux purement imaginaires*.

Pour $A = 3$, toutes les solutions $(t, u)$ entières sont données par la formule

$$\frac{u + t\sqrt{3}}{2} = \omega(2 + \sqrt{3})^n \qquad (n = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots),$$

$\omega$ est une quelconque des racines sixièmes de l'unité.

Il en résulte que

$$K = \frac{u^2 - 2 + \sqrt{u^2(u^2-4)}}{2} = \left(\frac{u + t\sqrt{A}}{2}\right)^2$$

est *réel si* $A \neq 3$ (positif si $u$ et $t$ sont réels, négatif si $u$ et $t$ sont purement imaginaires); et, *si* $A = 3$, K *est un nombre complexe d'argument* $\pm\frac{2\pi}{3}$ *ou un nombre réel.*

2° Pour l'équation (2) on établit que, quel que soit A, toute solution entière est de l'un des deux types

$$\begin{cases} u = iu_1, \\ t = (1+i)t_1, \end{cases} \qquad \begin{cases} u = u_2, \\ t = (1-i)t_2 \end{cases}.$$

($u_1$, $t_1$; $u_2$, $t_2$ étant des entiers réels).

Elle donne à $K = \left(\frac{u + t\sqrt{Ai}}{2}\right)^2$ une valeur *réelle* (positive pour le deuxième type, négative pour le premier).

*Conclusion.* — Toute substitution loxodromique du groupe de Picard est de l'une des deux espèces suivantes :

1° *Multiplicateur* $K = re^{i\theta}$ *d'argument* $\theta$ *incommensurable à* $2\pi$. — C'est le cas où norme $[(a+d)^2-4]$ n'est pas carré parfait. Aucune de leurs puissances n'est hyperbolique.

2° *Multiplicateur* $K = re^{i\theta}$, $\theta$ *ayant l'une des trois valeurs* $\pi$ (¹), $\pm\frac{2\pi}{3}$. — On a toujours alors

$$(a+d)^2-4 = At^2 \quad \text{ou} \quad Ait^2,$$

A étant nécessairement égal à 3 pour les deux dernières valeurs. Toutes les puissances d'ordre $2m$ ou $3m$ de ces substitutions sont hyperboliques. L'entier $n$, tel que $n\theta = 2p\pi$, ne peut donc prendre que les valeurs 2 ou 3. Cette recherche englobe celle des substitutions elliptiques du groupe ($|k|=1$) qui, comme on sait, sont elles aussi de période 2 ou 3.

HYDRODYNAMIQUE. — *Solution fondamentale (sources) dans un liquide pesant à surface libre.* Note (²) de M. **Marcel Brillouin.**

I. Je ne crois pas qu'on ait indiqué jusqu'à présent la forme de la solution fondamentale, ou plus généralement des sources, pour les problèmes relatifs aux liquides pesants à surface libre, bien que cette forme soit très simple en première approximation.

Les mouvements à potentiel des vitesses $\varphi$ sont régis dans l'intérieur du liquide par l'équation d'incompressibilité

$$\Delta\varphi = 0 \tag{1}$$

et par l'équation de la pression $p$

$$\frac{p}{\rho} + gz + \dot{\varphi}' + \frac{1}{2}(\varphi_x'^2 + \varphi_y'^2 + \varphi_z'^2) = \text{const.}; \tag{2}$$

$g$, $\rho$ sont l'intensité de la pesanteur et la densité du liquide.

La condition de constance de la pression à la surface libre ($z=0$, $z>0$ vers le haut) fournit, comme on sait, en première approximation l'équation

$$\varphi'' + g\varphi_z' = 0 \qquad (z=0), \tag{3}$$

lorsque le liquide est en repos à grande distance.

(¹) $\theta = \pi$ correspond à K réel négatif.

(²) Séance du 27 novembre 1916.

Considérons un point source à profondeur $h$ ($x = y = 0$, $z = -h$) dans le liquide, et son image dans le plan $z = 0$, située au-dessus ($x = y = 0$, $z = +h$); posons

$$r = \sqrt{x^2 + y^2 + (z + h)^2}, \qquad R = \sqrt{x^2 + y^2 + (z - h)^2}.$$

La solution fondamentale $\Phi_0$ est, en appelant T une fonction arbitraire du temps,

$$\text{(I)} \qquad \Phi_0 = T_0\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R}\right) + 2g\,\mathfrak{T}_1 \frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{1}{R}\right) + \ldots + 2g^n\,\mathfrak{T}_n \frac{\partial^n}{\partial z^n}\left(\frac{1}{R}\right) + \ldots;$$

$$\text{(4)} \qquad \mathfrak{T}''_1 = T, \qquad \ldots, \qquad \mathfrak{T}''_{n+1} = -\mathfrak{T}_n;$$

car, pour $z = 0$, les dérivées paires de $r$ et de R sont égales, et les dérivées impaires en $z$ ne diffèrent que par le signe.

On forme facilement toutes les sources ponctuelles possibles. Commençons par les sources à orientation verticale

$$\text{(II)} \quad \Phi_{2k} = T_{2k} \frac{\partial^{2k}}{\partial z^{2k}}\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R}\right) + 2g\,\mathfrak{T}_{2k+1} \frac{\partial^{2k+1}}{\partial z^{2k+1}}\left(\frac{1}{R}\right) + \ldots + 2g^{n-2k}\,\mathfrak{T}_n \frac{\partial^n}{\partial z^n}\left(\frac{1}{R}\right) + \ldots$$

et

$$\text{(III)} \quad \Phi_{2k+1} = -T_{2k+1} \frac{\partial^{2k+1}}{\partial z^{2k+1}}\left(\frac{1}{r} + \frac{1}{R}\right) + 2g\,\mathfrak{T}_{2k+2} \frac{\partial^{2k+2}}{\partial z^{2k+2}}\left(\frac{1}{R}\right) + \ldots + 2g^{n-2k-2}\,\mathfrak{T}_n \frac{\partial^n}{\partial z^n}\left(\frac{1}{R}\right) + \ldots,$$

avec les relations analogues à (4).

On aura enfin toutes les sources possibles en dérivant par $x$, $y$ une source verticale quelconque $\Phi_k$ :

$$\text{(IV)} \qquad \Phi_{i,j} = \frac{\partial^{i+j}}{\partial x^i\,\partial y^j}\Phi_k.$$

II. Si le liquide est animé à grande distance d'une translation horizontale constante, U suivant l'axe des $x$, l'équation superficielle de première approximation devient

$$\text{(5)} \qquad \varphi'' + g\varphi'_z + U^{-1}\dot{\varphi}'_x = 0 \qquad (z = 0).$$

La solution fondamentale est alors la série double

$$\text{(V)} \quad \Phi_0 = T\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R}\right) + \mathfrak{T}_{0,1} \frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{1}{R}\right) + \ldots + \mathfrak{T}_{0,n} \frac{\partial^n}{\partial z^n}\left(\frac{1}{R}\right) + \ldots + \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} \mathfrak{T}_{m,n} \frac{\partial^m}{\partial x^m} \frac{\partial^n}{\partial z^n}\left(\frac{1}{R}\right)$$

avec

$$(6) \qquad \left\{ \begin{array}{ll} \ddot{\mathfrak{T}}''_{0,1} - 2g\mathrm{T} = 0, & \ddot{\mathfrak{T}}''_{0,n} + g\mathfrak{T}_{0,n-1} = 0, \\ \ddot{\mathfrak{T}}''_{m,1} + \mathrm{U}\dot{\mathfrak{T}}'_{m-1,1} = 0, & \ddot{\mathfrak{T}}''_{m,n} + \mathrm{U}\dot{\mathfrak{T}}'_{m-1,n} + g\mathfrak{T}_{m,n-1} = 0. \end{array} \right.$$

On formera d'une manière analogue les solutions dont le premier terme est

$$\mathrm{T}\frac{\partial^{m+n+2k}}{\partial x^m\,\partial y^n\,\partial z^{2k}}\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{\mathrm{R}}\right)$$

et

$$\mathrm{T}\frac{\partial^{m+n+2k+1}}{\partial x^m\,\partial y^n\,\partial z^{2k+1}}\left(\frac{1}{r} + \frac{1}{\mathrm{R}}\right).$$

*Remarque.* — La fonction T et les constantes arbitraires d'intégration de toutes les fonctions $\mathfrak{T}_{m,n}$ doivent naturellement être telles que la première approximation reste acceptable.

III. Ayant ainsi formé tout l'ensemble des sources possibles, on a toutes les fonctions nécessaires pour développer en série le mouvement extérieur à une surface quelconque entourant le point source ($x = y = 0$, $z = -h$), que cette surface atteigne ou non la surface libre, en eau calme ou dans un courant uniforme, pourvu que les conditions sur cette surface limite soient linéaires.

Les méthodes générales de calcul que j'ai données ailleurs [1] trouveront ici leur application. Elles permettront en particulier de déterminer complètement, en première approximation, les ondes formées par une carène de forme quelconque, soit en eau calme, soit dans un courant uniforme, et d'en conclure la résistance due aux vagues, par des considérations de théorie hydrodynamique pure.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur le calcul des voûtes épaisses soumises à une pression uniforme.* Note [2] de M. BATICLE, présentée par M. Jordan.

Soit une voûte circulaire, symétrique, d'épaisseur constante, dont nous considérons une largeur égale à l'unité. Comptons les angles à partir de l'axe de symétrie et appelons $p$ la pression, $\rho$ le rayon moyen, R le rayon

---

(1) *Comptes rendus*, t. **150**, 1910, p. 461 et 611; t. **161**, 1915, p. 437 et 775; *Annales de Physique*, septembre-octobre 1916.

(2) Séance du 27 novembre 1916.

de l'extrados, $\varepsilon$ l'épaisseur de la voûte, Q l'effort à la clef, $\varphi$ la demi-ouverture. Les efforts élastiques s'exerçant sur une section normale passant par $M(\rho, \alpha)$ peuvent se réduire à une force appliquée en M, de composante normale $n$ et tangentielle $t$, et à un couple $\mu$. En écrivant que l'élément infiniment petit délimité par $d\alpha$ est en équilibre, on obtient la relation $d\mu = t\rho\, d\alpha$; et l'équilibre de la portion de voûte, délimitée par l'angle $\alpha$, donne

$$(1) \qquad n = Q\cos\alpha + pR(1-\cos\alpha), \qquad t = Q\sin\alpha - pR\sin\alpha.$$

D'où l'on tire

$$(2) \qquad \int t\, d\alpha = \frac{\mu}{\rho} = -Q\cos\alpha + pR\cos\alpha + C.$$

Appelons $\theta$ le déplacement angulaire de la section, supposée restée plane. Le déplacement élémentaire $d\theta$ est la résultante d'une rotation $d\theta_0$ autour de l'axe de la voûte et d'une rotation $d\theta_1$ autour de M. Un point situé à la distance $x$ de M subit le déplacement $(\rho + x)\, d\theta_0 + x\, d\theta_1$; l'effort élastique correspondant est

$$-E\frac{(\rho + x)\, d\theta_0 + x\, d\theta_1}{(\rho + x)\, d\alpha}$$

et l'on aura, pour toute la section,

$$n = -E\varepsilon\frac{d\theta_0}{d\alpha} - E\frac{d\theta_1}{d\alpha}\int_{-\frac{\varepsilon}{2}}^{+\frac{\varepsilon}{2}}\frac{x\, dx}{\rho + x} = -E\varepsilon\frac{d\theta_0}{d\alpha} - EJ_0\frac{d\theta_1}{d\alpha},$$

$$\mu = E\frac{d\theta_1}{d\alpha}\int_{-\frac{\varepsilon}{2}}^{+\frac{\varepsilon}{2}}\frac{x^2\, dx}{\rho + x} = -EJ_1\frac{d\theta_1}{d\alpha}.$$

De ces équations, on tire

$$(3) \qquad \frac{d\theta_1}{d\alpha} = -\frac{\mu}{EJ_1},$$

$$(4) \qquad \frac{d\theta_0}{d\alpha} = -\frac{n}{E\varepsilon} + \frac{\mu}{E\varepsilon}\,\frac{J_0}{J_1},$$

$$(5) \qquad \frac{d\theta}{d\alpha} = -\frac{n}{E\varepsilon} + \frac{\mu}{E}\left(\frac{J_0}{\varepsilon J_1} - \frac{1}{J_1}\right).$$

En écrivant que les sections extrêmes ne subissent aucune rotation, on obtient

$$(6) \qquad -\int_{-\varphi}^{+\varphi}\frac{n\, d\alpha}{E\varepsilon} + \int_{-\varphi}^{+\varphi}\frac{\mu\, d\alpha}{E}\left(\frac{J_0}{\varepsilon J_1} - 1\right) = 0.$$

Il faut, en outre, écrire que les extrémités de la fibre moyenne sont fixes. L'élément d'arc $ds$ étant devenu

$$ds\left(1+\frac{d\theta_0}{d\alpha}\right)=ds\left(1-\frac{n}{E\varepsilon}+\frac{\mu}{E\varepsilon}\frac{J_0}{J_1}\right),$$

on devra avoir

$$\int_{-\varphi}^{+\varphi}\left(1-\frac{n}{E\varepsilon}+\frac{\mu}{E\varepsilon}\frac{J_0}{J_1}\right)\cos(\alpha+\theta)\,ds=\int_{-\varphi}^{+\varphi}\cos\alpha\,ds$$

et

$$\int_{-\varphi}^{+\varphi}\left(1-\frac{n}{E\varepsilon}+\frac{\mu}{E\varepsilon}\frac{J_0}{J_1}\right)\sin(\alpha+\theta\,ds=\int_{-\varphi}^{+\varphi}\sin\alpha\,ds.$$

Ces relations s'écrivent, après réduction, et en tenant compte de ce que

$$\int_{-\varphi}^{+\varphi}\theta\sin\alpha\,d\alpha=\int_{-\varphi}^{+\varphi}\cos\alpha\,d\theta\quad\text{et}\quad\int_{-\varphi}^{+\varphi}\theta\cos\alpha\,d\alpha=-\int_{-\varphi}^{+\varphi}\sin\alpha\,d\theta$$

(puisque $\theta$ est nul aux extrémités),

$$\int\left(-\frac{n}{E\varepsilon}+\frac{\mu}{E\varepsilon}\frac{J_0}{J_1}\right)\cos\alpha\,d\alpha=\int\cos\alpha\,d\theta=\int\left[-\frac{n}{E\varepsilon}+\frac{\mu}{E}\left(\frac{J_0}{\varepsilon J_1}-\frac{1}{J_0}\right)\right]\cos\alpha\,d\alpha,$$

$$\int\left(-\frac{n}{E\varepsilon}+\frac{\mu}{E\varepsilon}\frac{J_0}{J_1}\right)\sin\alpha\,d\alpha=\int\sin\alpha\,d\theta=\int\left[-\frac{n}{E\varepsilon}+\frac{\mu}{E}\left(\frac{J_0}{\varepsilon J_1}-\frac{1}{J_0}\right)\right]\sin\alpha\,d\alpha$$

ou

(7) $$\int_{-\varphi}^{+\varphi}\frac{\mu\cos\alpha}{EJ_1}\,d\alpha=0$$

et

(8) $$\int_{-\varphi}^{+\varphi}\frac{\mu\sin\alpha}{EJ_1}\,d\alpha=0.$$

En tenant compte de la symétrie et en posant

$$\gamma=\frac{1}{\rho\varepsilon}\,\frac{1}{\dfrac{1}{J_1}-\dfrac{J_0}{\varepsilon J_1}}=\frac{J_1}{\rho(\varepsilon-J_0)},$$

les relations (6), (7), (8) donnent le système

$$\int_0^{\varphi}\left(\gamma n+\frac{\mu}{\rho}\right)d\alpha=0.$$

$$\int_0^{\varphi}\mu\cos\alpha\,d\alpha=0.$$

En remplaçant $n$ et $\mu$ par leurs valeurs d'après (1) et (2) et en posant

$$a=\int_0^\varphi d\alpha=\varphi,\qquad b=\int_0^\varphi \cos\alpha\,d\alpha=\sin\varphi,\qquad c=\int_0^\varphi \cos^2\alpha\,d\alpha=\frac{1}{2}\varphi+\frac{1}{4}\sin 2\varphi,$$

on a les deux équations suivantes, en Q et C,

$$\begin{aligned}&\mathrm{Q}b(1-\gamma)-\mathrm{C}a=p\mathrm{R}[b+\gamma(a-b)],\\&\mathrm{Q}c-\mathrm{C}b=p\mathrm{R}c.\end{aligned}$$

D'où

$$\mathrm{Q}=p\mathrm{R}\frac{ac-b^2-\gamma b(a-b)}{ac-b^2+\gamma b^2}=p\mathrm{R}\left(1-\frac{\gamma ab}{ac-b^2+\gamma b^2}\right)$$

et

$$\mathrm{C}=\frac{c}{b}(\mathrm{Q}-p\mathrm{R})=-\frac{\gamma ac}{ac-b^2+\gamma b^2}p\mathrm{R},$$

formules qui résolvent le problème.

La tension est donnée, pour un point situé à la distance $x$ de la fibre moyenne, par la formule

$$\mathrm{T}=-\mathrm{E}\left(\frac{d\theta_0}{d\alpha}+\frac{x}{\rho+x}\frac{d\theta_1}{d\alpha}\right)=\frac{n}{\varepsilon}+\mu\left(\frac{x}{\rho+x}\frac{1}{\mathrm{J}_1}-\frac{\mathrm{J}_0}{\varepsilon\mathrm{J}_1}\right).$$

En supposant la pression extérieure nulle et en introduisant dans la déformation de la fibre moyenne la variation de longueur due à la température, on obtient aisément les valeurs de Q et de C dues à une variation de température $t$. On trouve ainsi

$$\mathrm{Q}_1=\frac{\mathrm{J}_1}{\rho}\frac{\mathrm{E}ktab}{ac-b^2(1-\gamma)},\qquad \mathrm{C}_1=\frac{\mathrm{J}_1}{\rho}\frac{\mathrm{E}ktb^2(1-\gamma)}{ac-b^2(1-\gamma)},$$

en appelant $k$ le coefficient de dilatation linéaire.

Les intégrales $\mathrm{J}_0$ et $\mathrm{J}_1$ s'évaluent aisément ; on a

$$\mathrm{J}_0=\varepsilon-\rho\,\mathrm{Log}\frac{\rho+\frac{1}{2}\varepsilon}{\rho-\frac{1}{2}\varepsilon}$$

et

$$\mathrm{J}_1=-\rho\varepsilon+\rho^2\,\mathrm{Log}\frac{\rho+\frac{1}{2}\varepsilon}{\rho-\frac{1}{2}\varepsilon}=-\rho\mathrm{J}_0.$$

Enfin, nous remarquerons que les formules ci-dessus peuvent s'appliquer au calcul des tuyaux circulaires reposant, soit sur une génératrice ($\varphi=\pi$), soit sur une portion finie de surface extérieure. On pourrait, d'ailleurs,

tenir compte, pour cette application particulière, du poids propre du tuyau et de la variation de pression aux différents points de la section, en modifiant convenablement dans les formules (1) les termes relatifs aux projections des pressions extérieures.

MÉCANIQUE ANALYTIQUE. — *Sur une nouvelle figure d'équilibre d'une masse fluide en rotation.* Note de M. **B. Globa-Mikhaïlenko**, présentée par M. Appell.

Dans le dernier numéro des *Nouvelles Annales de Mathématiques* j'ai montré qu'un fluide homogène de densité 1, affectant la figure d'une couche cylindrique de révolution, limitée par deux cylindres circulaires indéfinis, de rayons R et $r = k\mathrm{R}\,(0 \leq k \leq 1)$ et tournant autour de son axe avec la vitesse angulaire constante $\omega$, reste en équilibre relatif, s'il existe entre $\omega$ et $k$ la relation suivante :

$$\frac{\omega^2}{2\pi} = \frac{1 - k^2 + k^2 \log k^2}{1 - k^2} = f(k^2). \tag{1}$$

L'objet de la présente Note est de résoudre le problème suivant : « Étant donnée une couche cylindrique de révolution, présentant une figure d'équilibre pour une vitesse donnée $\omega$, on la déforme, en appliquant sur chaque surface (extérieure et intérieure) des couches d'épaisseur $\zeta_e$ et $\zeta_i$ infiniment petite constante le long de chaque génératrice, et de masse totale nulle. On demande quelles doivent être ces couches pour que la nouvelle figure reste d'équilibre. »

Problème de Dirichlet. — Si une fonction harmonique V est donnée sur la surface d'un cylindre circulaire de rayon R, et si elle reste constante le long de chaque génératrice, elle peut être développée en série de Fourier

$$\mathrm{V}_0 = \sum \mathrm{R}^n (\mathrm{A}_n \cos n\theta + \mathrm{B}_n \sin n\theta), \tag{2}$$

$\theta$ désignant l'azimut de chaque génératrice.

En désignant par $\rho$ la distance d'un point à l'axe du cylindre, le problème de Dirichlet se résout instantanément et l'on aura

$$\left\{\begin{aligned} \mathrm{V}_i &= \sum \rho^n \; (\mathrm{A}_n \cos n\theta + \mathrm{B}_n \sin n\theta) \quad (\rho < \mathrm{R}),\\ \mathrm{V}_e &= \sum \frac{\mathrm{R}^{2n}}{\rho^n} (\mathrm{A}_n \cos n\theta + \mathrm{B}_n \sin n\theta) \quad (\rho > \mathrm{R}). \end{aligned}\right. \tag{3}$$

On verra aussi, par le procédé employé par Poincaré pour les ellipsoïdes, et que j'ai appliqué pour les cylindres elliptiques (¹), que le potentiel newtonien d'une couche d'épaisseur

$$\zeta_e = \sum R^n (A_n \cos n\theta + B_n \sin n\theta) \tag{4}$$

sera sur la surface du cylindre :

$$v_0 = -2\pi R \sum \frac{R^n}{n} (A_n \cos n\theta + B_n \sin n\theta). \tag{5}$$

De même le potentiel de la couche d'épaisseur

$$\zeta_i = \sum r^n (A'_n \cos n\theta + B'_n \sin n\theta), \tag{6}$$

répandue sur le cylindre de rayon $r$, sera, sur ce cylindre,

$$w_0 = -2\pi r \sum \frac{r^n}{n} (A'_n \cos n\theta + B'_n \sin n\theta). \tag{7}$$

Ceci posé, nous pouvons aborder notre problème. Nous supposons que les épaisseurs des couches $\zeta_e$ et $\zeta_i$, appliquées sur les deux surfaces cylindriques, considérées comme fonctions de $\theta$, peuvent être développées en séries de Fourier de la forme (4) et (6). Leurs potentiels respectifs seront alors donnés par les formules (5) et (7). Si la figure ainsi déformée reste d'équilibre, la fonction des forces totales doit être égale à la même constante sur les deux surfaces. Or, en désignant par $U^0$ la fonction des forces primitive, évaluée sur la surface cylindrique, elle devient sur la surface déformée :

$$U = U^0 + \frac{\partial U^0}{\partial n}\zeta + v + w.$$

Et, en négligeant le produit de $\frac{\partial v}{\partial n}$ et $\frac{\partial w}{\partial n}$ par $\zeta$, nous verrons que la fonction des forces totale prend les valeurs suivantes : sur la surface extérieure

$$U_e = U_e^0 + \left(\frac{\partial U^0}{\partial \rho}\right)_{\rho=R} \times \zeta_e + v_0 + (w_e)_{\rho=R}$$

et sur la surface intérieure

$$U_i = U_i^0 + \left(\frac{\partial U^0}{\partial \rho}\right)_{\rho=R} \times \zeta_i + (v_i)_{\rho=r} + w_0.$$

---

(¹) Voir ma Thèse (*Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 1916, 1er fascicule).

En se rappelant que la figure primitive était d'équilibre, et que par conséquent $U_e^0 = U_i^0$, on aura la condition d'équilibre cherchée sous la forme suivante :

$$(8) \qquad \left(\frac{\partial U^0}{\partial \rho}\right)_{\rho=R} \times \zeta_e + v_0 + (w_e)_{\rho=R} = \left(\frac{\partial U^0}{\partial \rho}\right)_{\rho=r} \times \zeta_i + (v_i)_{\rho=r} + w_0 = \text{const.}$$

Mais à l'intérieur de la masse fluide $(r < \rho < R)$

$$U^0 = \frac{\omega^2 \rho^2}{2} - \pi(\rho^2 - r^2) + 2\pi r^2(\log \rho - \log r) + \text{const.}$$

En portant cette valeur dans (8) et en vertu des formules (5), (7), (2) et (3), nous aurons

$$\begin{aligned}
&2\pi R[f(k^2) - 1 + k^2]\Sigma R^n(A_n \cos n\theta + B_n \sin n\theta) \\
&\quad - 2\pi R \sum \frac{R^n}{n}[(A_n + k^{2n+1}A'_n)\cos n\theta + (B_n + k^{2n+1}B'_n)\sin n\theta] \\
&= 2\pi R k f(k^2)\Sigma k^n R^n(A'_n \cos n\theta + B'_n \sin n\theta) \\
&\quad - 2\pi R \sum \frac{k^n R^n}{n}[(A + kA_n)\cos n\theta + (B + kB_n)\sin n\theta] = \text{const.}
\end{aligned}$$

En identifiant les coefficients des $\cos n\theta$ et $\sin n\theta$, nous aurons une suite de conditions

$$(9) \quad \left\{ \begin{array}{l} [f(k^2) - 1 + k^2]A_n - \dfrac{1}{n}(A_n + k^{2n+1}A'_n) = k^{n+1}f(k^2)A'_n - \dfrac{k^n}{n}(A_n + kA'_n) = 0 \\ \qquad\qquad (n = 1, 2, 3, \ldots). \end{array} \right.$$

De même pour B et B'.

La constante elle-même est nulle, la masse totale de chaque couche étant nulle.

Éliminant le rapport $p = A'_n : A_n$ entre les équations (9), nous aurons

$$(10) \qquad p = 1 : k[nf(k^2) - 1]$$

$$(11) \qquad F(k^2, n) = [nf(k^2) - 1]\left[f(k^2) - 1 + k^2 - \frac{1}{n}\right] - \frac{k^{2n}}{n} = 0.$$

On démontre que l'équation (11) a une et une seule racine $k_n$ pour $0 < k < 1$, quel que soit $n \geqq 2$. Pour $n = 1$, $k_1 = 0$ et pour $n = \infty$, $k_\infty = 1$. Et il est permis de croire que la racine $k_n$ croît toujours avec $n$.

Par conséquent, nous aurons une suite discontinue de figures d'équilibre, déterminées par les valeurs $k_2, k_3, \ldots$ qui restent en équilibre après l'application sur chacune de leurs surfaces des couches de l'épaisseur

$$\zeta_e = A_n \cos n\theta + B_n \sin n\theta = C_n \cos n\theta,$$
$$\zeta_i = p_n C_n \cos n\theta = p_n \zeta_e,$$

$p_n$ étant donné par la formule (10) où l'on fait $k = k_n$. Ce sont les figures de bifurcation donnant naissance à de nouvelles figures d'équilibre.

Ces résultats seront établis dans un Mémoire qui paraîtra prochainement.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Le problème du mur et son application à la décharge d'un condensateur sur son propre diélectrique.* Note [1] de M. **Louis Roy**, transmise par M. Paul Sabatier.

Les formules données en notre précédente Note [2] s'appliquent, en particulier, à la décharge d'un condensateur sur son propre diélectrique, problème qui n'a été traité jusqu'ici, à notre connaissance, qu'en négligeant les effets de l'induction électrodynamique. Nos formules vont précisément mettre ceux-ci en évidence.

Supposons donc que, pour $t < 0$, les deux faces du mur $(x = \mp l)$ soient maintenues à des potentiels constants $(V_A, V_B) = \frac{(W_A, W_B)}{\sqrt{\varepsilon k}}$. Il en résulte un régime permanent pendant lequel on a

$$\frac{d^2(\mathfrak{W}_1, \mathfrak{W}, \mathfrak{W}_2)}{dx^2} = 0\,;$$

d'où, pour $\tau < 0$,

$$\mathfrak{W}_1 = W_A, \qquad 2\mathfrak{W} = W_A + W_B - (W_A - W_B)\frac{\xi}{\lambda}, \qquad \mathfrak{W}_2 = W_B,$$

en même temps que le mur est le siège d'un courant de conduction permanent $u_0$ parallèle à $Ox$, proportionnel à $V_A - V_B$, et que le champ électrodynamique est nul dans tout l'espace.

A l'instant $t = 0$, abandonnons le système à lui-même en supprimant les contacts du mur avec la source qui maintenait constante la différence de potentiel entre ses faces; on aura tout d'abord

$$W_1 = W_A, \qquad 2W = W_A + W_B - (W_A - W_B)\frac{\xi}{\lambda}, \qquad W_2 = W_B,$$

et, puisque le champ électrodynamique part de la valeur zéro, on aura aussi $(G_1, G, G_2) = 0$. Enfin, si nous abandonnons le système à lui-même

(1) Séance du 20 novembre 1916.

(2) L. Roy, *Le problème du mur en électrodynamique* (*Comptes rendus*, t. 163, 1916, p. 608).

sans vitesse initiale, il résulte des équations (2) de notre précédente Note, où l'on fait $\tau = 0$, qu'on a aussi $(F'_1, F', F'_2) = 0$.

Dès lors, les formules (4), (5) et (6) de la même Note nous donnent immédiatement les expressions de la différence de potentiel entre les faces du mur et du courant de conduction $u$ qui est proportionnel au champ total. En revenant aux variables primitives et en introduisant, à la place du coefficient de polarisation $\varkappa$, le pouvoir inducteur spécifique $K = 1 + 4\pi\varepsilon\varkappa$ sensiblement égal à $4\pi\varepsilon\varkappa$ d'après l'hypothèse de Faraday et de Mossotti, on obtient ainsi, pour $0 \leqq t \leqq \frac{2l}{L}$,

$$(1) \qquad \mathcal{V}_{-l} - \mathcal{V}_l = (V_A - V_B)\left(1 - \frac{\frac{4\pi\varepsilon}{\rho K}t + e^{-\frac{4\pi\varepsilon}{\rho K}t} - 1}{2\lambda}\right);$$

pour $t \geqq \frac{2l}{L}$,

$$(2) \qquad \mathcal{V}_{-l} - \mathcal{V}_l = e^{\lambda}\frac{\operatorname{sh}\lambda}{\lambda}(V_A - V_B)e^{-\frac{4\pi\varepsilon}{\rho K}t};$$

pour $t \geqq 0$,

$$(3) \qquad u = u_0 e^{-\frac{4\pi\varepsilon}{\rho K}t},$$

avec $\lambda = \frac{4\pi\varepsilon l}{L\rho K}$.

Remarquons que le temps $\frac{2l}{L}$, pendant lequel l'expression (1) est valable, est celui que met la lumière à traverser une couche d'éther égale à l'épaisseur du mur. Dans le cas d'un condensateur, $2l$ est une longueur de l'ordre du millimètre; le temps $\frac{2l}{L}$ est donc de l'ordre de $10^{-11}$ secondes et, par suite, le contrôle expérimental de la formule (1) paraît inaccessible.

D'ailleurs et toujours dans le cas d'un mur très mince, le nombre $\lambda$ est extrêmement petit. Supposons, en effet, qu'on ait $2l = 10^{-1}$ cm, et que le mur soit en eau distillée, le moins résistant des corps usuels dont on connaisse le pouvoir inducteur spécifique : $K_0$ étant le pouvoir inducteur spécifique de l'éther, on aura

$$\frac{1}{\rho} = 5.10^{-15} \text{ C.G.S. électromagnétiques}, \qquad \frac{K}{K_0} = 80,$$

d'où $\lambda = 1{,}15.10^{-6}$. Si, au contraire, le mur est en paraffine, un des corps les plus résistants que l'on connaisse, $\lambda$ sera de l'ordre de $10^{-16}$. Dans ces conditions, on peut développer en série le coefficient en $\lambda$ de l'expression (2) et se limiter aux termes du premier degré; il vient ainsi

$$\mathcal{V}_{-l} - \mathcal{V}_l = (1 + \lambda)(V_A - V_B)e^{-\frac{4\pi\varepsilon}{\rho K}t}.$$

Si, enfin, on néglige $\lambda$, on retrouve la formule

$$\vartheta_{-l} - \vartheta_l = (V_A - V_B)\, e^{-\frac{4\pi\varepsilon}{\rho\kappa} t},$$

qu'emploient les physiciens dans la mesure de la résistance d'isolement d'un condensateur. Par suite des effets de l'induction, cette formule est donc simplement approchée, à un très haut degré d'approximation il est vrai, tandis que la formule (3), qui fait connaître le courant de décharge, est rigoureuse, et cela dès le commencement du phénomène.

GÉOLOGIE. — *Sur la « Trouée de Taza » (Maroc septentrional).* Note de M. **Louis Gentil**, présentée par M. H. Douvillé.

J'ai eu l'occasion, au cours de l'été 1915, de parcourir la région de Taza. Parti de Fez par la piste de Souq el Arbâ de Tissa, j'ai poussé mes investigations jusqu'à Guercif, sur la Moyenne Mlouya ; enfin, j'ai pu accomplir au nord, par Meknassa el Foukania, un raid très intéressant vers les crêtes du Rif, jusqu'au poste avancé de Bab Moroudj. J'ai pu réaliser ainsi, sous les auspices de M. le général Lyautey, un voyage depuis longtemps projeté : j'ai relié mes itinéraires géologiques du Maroc occidental à ceux du Maroc oriental.

Mes voyages antérieurs m'avaient permis de parcourir le Maroc oriental sur la rive droite de la Mlouya et de recouper, en plusieurs sens, le nord et l'ouest de notre Protectorat ; et j'avais cru pouvoir conclure de l'ensemble de mes observations qu'une communication entre la Méditerranée et l'océan Atlantique existait, à l'époque néogène, avec son maximum de rétrécissement vers la « Trouée de Taza ». Déjà entrevue par Ed. Suess, je l'ai désignée sous le nom de *détroit Sud-Rifain* (1). J'ai même pensé qu'elle avait dû s'ouvrir au début du Miocène moyen (Helvétien), alors que le détroit Nord-Bétique venait de se fermer.

Cette dernière interprétation renfermait, il est vrai, une certaine part d'hypothèse, puisqu'elle était basée sur une extrapolation des données stratigraphiques que j'avais réunies de part et d'autre et à une assez grande distance du point principal : c'est à Taza seulement que la solution définitive de ce côté de la question pouvait être cherchée.

(1) *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 293 et 415.

Mes premières impressions sont venues confirmer, en partie tout au moins, mes précédentes conclusions : le seuil de Taza est formé par des dépôts miocènes qui s'étalent sur $7^{km}$ à peine, dans sa partie la plus resserrée.

Il convient d'abord d'examiner le soubassement des dépôts néogènes, c'est-à-dire la structure du fond du détroit Sud-Rifain.

Au sud de Taza, les contreforts du Moyen Atlas montrent le Jurassique sur des couches permiennes, des schistes et des granites paléozoïques. Au Nord, au delà de l'oued Innaouen, apparaissent sur de grandes surfaces les terrains éocènes. Ils débutent par une épaisse assise de marnes olivâtres, entremêlées de lits de calcaires marneux à silex noirs et de bancs de grès verts, glauconieux. Je n'ai guère rencontré dans cet ensemble que des dents de Squalidés qui appartiennent au même niveau que celui d'El Boroudj, situé à l'est de Settat. Dans une série provenant de cette région, M. Priem a reconnu : *Otodus obliquus* Ag., *Odontaspis cuspidata* (var. *Hopei*) Ag. sp., *Od. elegans* Ag., lesquels appartiennent aux niveaux phosphatés de l'Éocène inférieur de la Tunisie et de l'Algérie, que j'ai d'ailleurs retrouvés chez les Branès, au nord de Taza, avec de faibles teneurs il est vrai (6 pour 100 de phosphate tricalcique). Plus au Nord, reposent, en discordance angulaire sur ces dépôts suessonniens, des calcaires zoogènes à *Lithothamnium*, Mollusques (*Ostrea gigantica* Sol. avec Pectinidés) et Nummulites. Celles-ci forment des bancs entiers à : *Nummulites atacicus* Leym., race méandriforme, variété globuleuse identique à un échantillon de l'Aude donné par Leymerie à l'École des Mines; *Nummulites bolcensis* Mun.-Ch. espèce de Spilecco; *Nummulites irregularis* Desh. [1]. Ces Foraminifères caractérisent le Lutétien inférieur dont les bancs calcaires couronnent les crêtes, notamment aux environs du Camp d'El Boroudj.

Les couches éocènes sont fortement plissées; elles montrent des indices de poussées vers le Sud. Des pointements de gypse et de marnes bariolées triasiques, avec roches ophitiques, apparaissent en maints endroits dans des plis aigus, étirés, dans l'Éocène inférieur, ainsi qu'à l'état de lambeaux de poussées entre le Lutétien calcaire et le Suessonnien marneux.

Entre les contreforts jurassiques du Moyen Atlas et les rides éocènes du Rif se montre une dépression synclinale en partie comblée par les dépôts du détroit Sud-Rifain qui, de la base au sommet, offrent la succession concordante des assises suivantes :

*a.* Grès calcarifères grossiers avec petits galets bien roulés de roches jurassiques et paléozoïques. — *b.* Grès calcaires jaunes. — *c.* Grès gris très fins un peu argileux. — *d.* Argiles marneuses, sableuses à la base, blanches ou grises, épaisses de plus

(1) Je remercie M. H. Douvillé des déterminations qu'il a bien voulu me donner de ces Nummulites.

de 100$^m$. — *e*. Grès argilo-sableux et poudingues à ciment gréseux, jaunes, d'au moins 40$^m$.

Les trois assises de la base (d'au moins 30$^m$) forment une bande continue sur la rive gauche de l'O. Innaouem, au sud de Taza et de Koudiat el Abiod. Elles renferment des débris d'Huîtres, des Pectinidés et des Échinidés parmi lesquels je puis citer : *Pecten incrassatus* Partsch (= *P. Besseri* Andr.), *P. Josslingi* Sm. (= *P. lychnulus* Font.) var. *lævis* Cotter, *Flabellipecten fraterculus* Sow., *Amussium subpleuronectes* d'Orb., *Clypeaster decemcostatus* Pom., *Clypeaster marginatus* Lam.

Cette faunule n'est pas bien caractérisée par ses Mollusques qui laissent hésiter entre le Burdigalien et l'Helvétien, bien que la plupart d'entre eux appartiennent au Vindobonien du bassin de la Tafna (Oran). Mais la variété *lævis* de *Pecten Josslingi* est, d'après Cotter, caractéristique de l'Helvétien du Portugal. De plus, on peut remarquer que des deux Échinides, le premier n'a été signalé par Pomel que dans l'Helvétien d'Algérie et le second est caractéristique de cet étage dans tout le bassin méditerranéen [1]. Ce qui milite encore en faveur de l'âge helvétien des couches de Taza c'est que, à la base de l'assise terminale détritique, se montre, parfois en grande abondance, l'*Ostrea crassissima* Lam., avec ses variétés. En outre, cette espèce offre ici les formes qu'elle affecte dans le Vindobonien de l'Algérie, de la Mlouya et du R'arb, lesquelles sont bien distinctes de celles du Miocène inférieur et du Sahélien.

Pour ces raisons, je pense que les couches néogènes du seuil de Taza représentent le deuxième étage méditerranéen. Si des recherches détaillées n'amènent pas la découverte de quelque lambeau burdigalien, nous aurons ainsi la preuve que le détroit du Sud-Rifain s'est bien ouvert au début du Miocène moyen (Helvétien), alors que le détroit Nord-Bétique venait de se fermer. C'est ce que j'avais pensé à cause de la transgressivité du Miocène moyen.

Le Néogène de Taza, qui atteint l'altitude de 600$^m$, était vraisemblablement surmonté par les dépôts du Miocène supérieur, à moins que le détroit Sud-Rifain n'ait été fermé avant la fin du Miocène; mais il ne paraît pas en subsister de traces. Il faut se reporter assez loin à l'Est, dans la vallée de la Mlouya, pour retrouver cet étage gréseux ou sableux; et nous montrerons prochainement, M. Depéret et moi, que le Sahélien existe à l'Ouest, aux bords du R'arb, sous la forme de sables très fossilifères.

Il convient d'admettre que, pendant et après sa fermeture, le détroit

---

(1) J. Cottreau, *Les Échinides du Bassin méditerranéen (époque néogène)*, p. 106. Thèse; Paris, 1903.

Sud-Rifain a subi son maximum d'exhaussement au seuil de Taza. Il est probable que ses dépôts les plus récents ont été portés en cet endroit à des côtes supérieures à $600^{m}$, tandis qu'ils se trouvent actuellement, du côté méditerranéen et du côté atlantique, à $100^{km}$ ou $150^{km}$ de là, à des altitudes n'atteignant pas $150^{m}$.

GÉOLOGIE. — *Sur l'existence, entre Modane et le col de Chavière, d'une fenêtre faisant apparaître le Trias sous le Permien de la Maurienne.* Note (1) posthume de M. **Jean Boussac**, présentée par M. Pierre Termier.

La Carte géologique de la France au 80000e (feuille Saint-Jean-de-Maurienne) montre l'existence, entre Modane et le col de Chavière, d'une longue bande triasique constituée par les termes classiques du Trias de ces régions: quartzites, marbres phylliteux, calcaires, cargneules et gypse. Cette zone est enserrée par deux bandes de Permien qui ont exactement la même direction NS et qui se rapprochent visiblement l'une de l'autre au voisinage de Modane. Elle a toujours été jusqu'ici considérée comme un synclinal, séparant le Permien de la Vanoise de celui de Polset-Péclet. Les observations que j'ai faites dans cette région m'ont démontré que c'était, en réalité, un *anticlinal* faisant apparaître les terrains secondaires *sous* le Permo-Houiller Vanoise-Polset-Péclet.

Les terrains les plus récents, c'est-à-dire les calcaires du Trias supérieur, sont en même temps les plus profonds et ont une allure nettement anticlinale. Ils ont une extension plus grande que ne l'indique la carte et constituent le sommet 2459 en même temps que la plus grande partie du massif 2682, sauf le sommet. Sur les bords, ils sont presque verticaux, plongeant légèrement vers l'Ouest dans la partie occidentale et vers l'Est dans la portion orientale. Au centre, ils sont horizontaux, avec une courbure anticlinale régulière visible aux deux sommets précités.

Au Nord, l'anticlinal de calcaires triasiques passe sous le Trias inférieur, fait principalement de quartzites, du col de Chavière; ces quartzites sont ployés en une charnière bien visible qui plonge vers l'Ouest et enveloppe l'anticlinal signalé; ils s'enfoncent eux-mêmes sous le Permien du massif de Polset-Péclet, dont la continuité primitive avec celui de la Vanoise, par une charnière emboîtant celle des quartzites et enlevée aujourd'hui par l'érosion, demeure infiniment probable.

Vers le Sud, l'anticlinal s'abaisse, par un plongement d'axe très rapide,

(1) Séance du 27 novembre 1916.

à la latitude des chalets de Polset; en outre, il change de constitution; il est surtout formé alors de cargneules que des gypses accompagnent çà et là; ces cargneules continuent à s'enfoncer vers le Sud, très fortement, et *passent en tunnel* sous les quartzites du Trias inférieur, qui forment le sommet 2193 et qui vont rejoindre, par-dessus les cargneules, le Permien du hameau de la Perrière. Elles reparaissent ensuite, formant une série d'arêtes ou de pics déchiquetés qui descendent vers Modane et disparaissent en profondeur avant d'atteindre la vallée.

La seule hypothèse qui me paraisse expliquer ces faits, c'est que le Permien de la Vanoise et celui du massif de Polset-Péclet étaient jadis réunis en une voûte continue au-dessus de l'anticlinal de Trias, et que, sous ce Permien, existait un flanc renversé de quartzites du Trias inférieur, encore épais à l'Est, étiré et laminé vers l'Ouest.

Il semble qu'une démonstration péremptoire de cette hypothèse consisterait dans la découverte d'un lambeau de recouvrement de Permien au sommet de l'anticlinal triasique, là où la voûte paléozoïque a été crevée par l'érosion. Or, précisément, cette preuve existe : le sommet 2682 est constitué par un lambeau très réduit de Permien, reposant sur une lame de quartzites triasiques qui sont, en quelque sorte, à califourchon sur l'anticlinal de calcaires.

Il paraît donc bien démontré que la bande triasique Modane-Col de Chavière est une « fenêtre », révélant le charriage du Permien du massif de Polset-Péclet; la question qui maintenant se pose serait de savoir à quelle nappe appartient ce Permien : à celle du Grand-Saint-Bernard ou à celle du mont Pourri? Les observations que j'ai faites en 1913, dans la haute Tarentaise, me porteraient plutôt à admettre la seconde solution.

SISMOLOGIE. — *Sur les mégasismes au* XVIII^e^ *siècle dans les environs de l'effondrement en ovale lusitano-hispano-marocain.* Note (¹) de **M. Pereira de Sousa.**

Mes recherches dans les Archives nationales du Portugal, sur le grand tremblement de terre du 1^er^ novembre 1755 (²), m'ont fait trouver des manuscrits et des publications sur les mégasismes qui ont secoué les envi-

(¹) Séance du 27 novembre 1916.

(²) *Sur les effets, en Portugal, du mégasisme du* 1^er^ *novembre* 1755 (*Comptes rendus*, t. 158, 1914, p. 2033).

rons de l'effondrement en ovale lusitano-hispano-marocain au XVIII$^e$ siècle. J'ai l'honneur de soumettre à l'Académie les données les plus intéressantes que j'ai tirées de ces documents, surtout en ce qui concerne le Maroc.

*Mégasisme du* 6 *mars* 1719, *à l'Algarve occidental.* — Celui-ci s'est fait sentir surtout sur la côte de l'Algarve occidental, dans la région de Villa Nova de Portimão-Lagos; il a, en partie, détruit quelques édifices et maisons, et a causé trois morts; son intensité a été (VIII), dernière échelle de Mercalli. Un bruit formidable, venant de la mer, a été entendu, mais il n'y pas eu de raz de marée.

*Mégasisme du* 27 *décembre* 1722, *à l'Algarve oriental.* — Ce tremblement paraît s'être propagé surtout suivant la ligne sismo-tectonique Albufeira-Estoy-Tavira-Villa Real de Santo Antonio ou Castro Marin, le long de la côte, ligne que j'ai signalée à propos d'autres secousses sismiques (¹). Il y a eu quelques morts et des édifices détruits. On peut noter à Tavira l'intensité (X), Faro (IX), Loulé et Lagoa (VIII), Villa Nova de Portimão (VII). Les eaux des petits fleuves de Tavira et Faro se sont divisées et ont été en partie absorbées par des crevasses. De petites embarcations sont restées à sec. Les documents ne mentionnent pas de raz de marée. Enfin il faut noter que les publications de l'époque attribuent ce séisme à des flammes qui auraient été observées dans la mer, entre Faro et Tavira.

*Mégasisme du* 27 *février* 1724, *au détroit nord-bétique.* — C'est dans la zone sismique de Séville que les effets de ce tremblement de terre se sont fait le plus sentir. Des maisons (IX?) ont été détruites, surtout dans la paroisse de Todos os Santos et derrière l'église de São João de Deus.

*Mégasisme du* 1$^{er}$ *avril* 1748, *à Madère.* — Bien que cette île soit volcanique, ce tremblement de terre a été d'origine tectonique. Aucune manifestation volcanique n'a été signalée pendant la période historique. Ce mégasisme a été annoncé par un bruit venant de la mer (quadrant sud-est vers nord-ouest). Beaucoup d'édifices et de maisons en partie détruits, mais seulement quatre morts (VIII). On a signalé des crevasses ouvertes par le tremblement de terre et, dans la partie est de l'île, une lueur de feu.

Le 1$^{er}$ novembre de 1755 a eu lieu le grand tremblement de terre d'origine sous-marine qui a ravagé une partie du Portugal, de l'Espagne et du Maroc, et qui me paraît avoir son origine dans la région centrale de l'effondrement en ovale lusitano-hispano-marocain. Il semble que ce mégasisme résulte des mouvements épirogéniques, à qui l'on doit l'effondrement de la région.

*Mégasisme du* 18 *novembre* 1755 *au détroit sud-rifain.* — Les villes qui s'élèvent

(¹) *Sur les macrosismes de l'Algarve (sud du Portugal) de* 1911 *à* 1914 (*Comptes rendus*, t. **160**, 1915, p. 808).

sur le dépôt de ce détroit, Fez, Meknès, etc., ont été les plus éprouvées (X) au Maroc, dans le mégasisme du 1er novembre (1). Le 18 du même mois, un nouveau tremblement a eu lieu dans la même région avec l'intensité (X); mais la zone épicentrale semble avoir été dans le détroit. Ce tremblement de terre s'est fait sentir à $10^h$ du soir. Il y a eu des répliques le jour suivant à $2^h$, $5^h$, $9^h$ et $12^h$ du matin, et pendant plusieurs jours encore. Fez a été presque complètement détruite et trois mille personnes ont été ensevelies sous ses ruines. A Meknès, on pouvait compter les maisons restées debout, et il y a eu plusieurs victimes. Dans le royaume de Sargor, à trois lieues de Meknès, se sont ouvertes des crevasses, dans lesquelles aurait disparu le hameau du Idois, une partie de la ville de Pessa, etc. On a pu observer dans cette région un lent et continu mouvement du sol, accompagné d'un terrible bruit intérieur, ce qui a produit une grande panique A Tanger, les sources ont été taries, mais les documents ne parlent pas de ruines (2).

Ces phénomènes géologiques sont semblables à ceux observés au Maroc dans le mégasisme du 1er novembre.

Il est remarquable de noter le récit de phénomènes lumineux au cours du mégasisme de l'Algarve oriental, ainsi que pendant celui de Madère.

Dans le séisme du Ribatejo du 23 avril 1909, des personnes dignes de foi m'ont affirmé avoir vu sortir, d'une des rues de Benavente, des lueurs, et les journaux ont parlé aussi d'un phénomène semblable, observé à Azambuja, pendant la réplique de ce tremblement du 17 août.

Ces phénomènes ont toujours été considérés comme douteux. Peut-être pourrait-on les expliquer par des émanations radioactives du sol.

Les phénomènes géologiques observés dans les mégasismes du Maroc résultent peut-être d'un affaissement dans la région de l'ancienne ville de Pessa.

---

(1) Louis Gentil et Pereira de Sousa, *Sur les effets au Maroc du grand tremblement de terre en Portugal*, 1755 (*Comptes rendus*, t. 157, 1913, p. 805).

(2) Copia de huma carta escrita pelo Padre Guardiam do Real Convento de Maquinés, e Vice-Prefeito das Santas Missoens (Reservados da Biblioteca Nacional de Lisboa, L°, n° 117, folhas 157).

BOTANIQUE. — *Variations d'un hybride sexuel de Vigne par sa greffe sur l'un de ses procréateurs.* Note (¹) de M. F. BACO, présentée par M. Gaston Bonnier.

Il y a une dizaine d'années, Lucien Daniel, dans ses études sur la greffe des plantes herbacées (²), appelait l'attention sur les modifications bonnes ou mauvaises provoquées par la symbiose chez le sujet et le greffon. En particulier il montrait que, en greffant sur des sujets convenables, on pouvait parfois produire une disjonction de caractères parentaux, une mosaïque nouvelle, un renforcement ou une atténuation de certaines propriétés spécifiques, la transmission de quelques-unes d'entre elles et même provoquer l'apparition de caractères nouveaux. Appliquant ces théories à la Vigne, A. Jurie (³) et P. Castel (⁴) améliorèrent leurs hybrides sexuels et obtinrent des hybrides de greffe qui ont fait leur chemin en viticulture.

A la mort de ces hybrideurs connus, j'ai essayé moi-même de perfectionner par la même méthode les hybrides sexuels de Vigne que j'avais créés et j'ai obtenu des hybrides sexuels-asexuels bien supérieurs aux pieds mères (⁵). Cette année, j'ai observé un cas des plus remarquables de transformation de mon hybride 11-16 avec changement de mosaïque et apparition chez le greffon de caractères latents provenant du sujet et de l'un de ses ancêtres maternels. L'hybride 11-16 provient d'un croisement fait en 1907 entre le 24-23 Baco (Folle blanche × *Riparia*) pris pour père et le 4-13 Baco (Sauvignon × 4401 Couderc) pris comme mère. Dans cet

(¹) Séance du 27 novembre 1916.

(²) Lucien DANIEL, *La variation dans la greffe et l'hérédité des caractères acquis* (*Ann. des Sc. nat.*, *Bot.*, 1898); *Variations des races de Haricots sous l'influence du greffage* (*Comptes rendus*, t. 130, 1900, p. 665), etc.

(³) A. JURIE, *Sur un cas de déterminisme sexuel produit par le greffage mixte* (*Comptes rendus*, t. 133, 1901, p. 445); *Un nouveau cas de variation de la vigne à la suite d'un greffage mixte* (*Comptes rendus*, t. 133, 1901, p. 1246), etc.

(⁴) P. CASTEL, *De l'amélioration des producteurs directs par la greffe* (*Congrès agricole de Toulouse*, 1904).

(⁵) F. BACO, *Sur des variations de vignes greffées* (*Comptes rendus*, t. 148, 1909, p. 429); *Bouturage comparé de vignes greffées et franches de pied* (*Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 1167), etc.

hybride sont prédominantes les qualités paternelles. La feuille ressemble à celle du 24-23 par la grandeur, le facies et la forme; le pétiole a une longueur variable entre $40^{mm}$ et $80^{mm}$ et est de couleur rouge; le limbe a l'aspect américain, sans découpures profondes bien nettes; il est glabre, avec nervures légèrement velues, long de $11^{cm}$ à $12^{cm}$ et large de $15^{cm}$ au plus. Le sinus pétiolaire est obtus et les feuilles des entre-cœurs sont à peine découpées. Les grappes sont lâches, de petite taille, à grains noirs peu nombreux, à chair dure un peu foxée; ils contiennent un seul pépin en général, assez gros, à bec gros et court, à caractère américain.

En 1912, j'ai greffé en mixte le 11-16 sur l'un de ses parents, le 4401 Couderc (Chasselas rose × *Rupestris*), à feuilles découpées et à dents peu aiguës comme le Chasselas qui est remarquable par la longueur de son pétiole rouge brun ($130^{mm}$). Aucun greffon ne conserva les caractères du pied mère et l'un d'eux fut complètement transformé. Le pétiole de ses feuilles s'allongea comme chez le Chasselas et atteignit $70^{mm}$ à $100^{mm}$; le limbe changea de forme, devint long de $8^{cm}$ à $10^{cm}$ et large de $9^{cm}$ à $11^{cm}$; il acquit les découpures d'un *Vitis vinifera* tout en conservant l'état lisse des Vignes américaines; son sinus pétiolaire se rétrécit comme chez les vignes françaises parentes. La longueur des entre-nœuds de la tige resta plus courte; la teinte et la striation changèrent également. La grappe devint deux fois plus longue et plus large; ses raisins, nombreux et serrés comme chez l'ancêtre Sauvignon, furent plus gros, plus tendres, plus juteux et sans goût foxé. La structure anatomique montra de même une accentuation des caractères de la Vigne française. En un mot, les appareils végétatif et reproducteur avaient été influencés simultanément par le 4401, sujet qui avait accentué les caractères ancestraux communs au greffon et à lui-même et les avait amenés de l'état latent à l'état dominant dans l'hybride de greffe nouveau. Le 4401 avait imprimé au greffon 11-16 des qualités très supérieures comme production et valeur des raisins (caractère provenant du Chasselas et du Sauvignon) sans nuire aux résistances et à la vigueur (caractères du *Riparia* et du *Rupestris*).

Cet exemple confirme les résultats obtenus par Daniel, Jurie et Castel et montre une fois de plus, s'il en était besoin, que la greffe est, en certains cas, un agent de variation très puissant, capable, chez les hybrides sexuels, de changer la latence ou la dominance des caractères communs aux ancêtres du greffon et du sujet. Il existe donc une sorte de cryptomérie de greffe. Dans le nouveau groupement de la mosaïque qui résulte de l'influence exercée sur l'hybride sexuel par sa greffe sur l'un de ses

procréateurs, il peut y avoir amélioration sans détérioration au point de vue utilitaire, comme chez mon hybride de greffe 11-16. Mais le cas inverse peut se produire et l'on ne saurait trop insister sur l'importance du choix des sujets quand on veut perfectionner par la greffe un hybride sexuel de Vigne et amener la séparation des éléments antagonistes.

BOTANIQUE. — *Sur une Laminaire nouvelle pour les côtes de France*, Laminaria Lejolisii *Sauv*. Note de M. C. SAUVAGEAU, présentée par le Prince Bonaparte.

L'*Alaria esculenta* étant une plante rare et sporadique, quatre espèces de Laminaires seulement vivent sur les côtes de la Manche : *Saccorhiza bulbosa*, *Laminaria saccharina*, *L. flexicaulis* et *L. Cloustonii*; néanmoins, elles fournissent chaque année des milliers de mètres cubes de goémon, rejeté ou récolté sur place, utilisé par les riverains pour la fumure des terres, le chauffage, l'extraction de l'iode, etc. Ces espèces étant faciles à caractériser, les algologues ayant bien exploré diverses localités (Brest, Roscoff, Cherbourg, La Hougue, etc.), et les côtes anglaises étant peut-être mieux connues encore, on ne pouvait guère supposer qu'une cinquième espèce abondante, nettement caractérisée et de grande taille, serait restée inaperçue.

Confondus par les anciens auteurs sous le nom de *L. digitata*, les *L. Cloustonii* et *L. flexicaulis* furent définitivement séparés l'un de l'autre par Le Jolis en 1854. L'un des caractères invoqués à cet effet est la présence de canaux mucifères dans le stipe et la lame du premier, dans la lame seulement du second. Mais plus tard, en 1867, J. Agardh, en se fondant sur une observation même de Le Jolis, objecta que la présence ou l'absence de canaux mucifères dans le stipe est surtout une question d'âge. En 1892 Guignard montra que cette objection est sans valeur dans le cas invoqué précisément par J. Agardh. Après avoir suivi le développement et établi la constitution de ces canaux, il tira parti de leur présence ou de leur absence pour grouper en sections les espèces de Laminaires dont l'étude se trouva de la sorte grandement facilitée; néanmoins, la distinction des espèces exotiques reste parfois assez délicate, particulièrement celles du genre *Laminaria*.

Le 14 septembre dernier, j'herborisais à Roscoff sur les rochers de l'île Verte, par une marée de coefficient 102, qui asséchait le *L. flexicaulis* et les plus élevés parmi les *Saccorhiza*, mais ne permettait pas d'aborder le *L. Cloustonii*, lorsque j'aperçus, parmi les *L. flexicaulis*, deux exemplaires qui semblaient atteints d'albinisme de la lame. En coupant leur stipe, je vis perler des gouttes de mucus comme d'un *L. Cloustonii*. Ils ne pouvaient néanmoins appartenir à cette espèce, leur stipe étant lisse et leur lame déjà fructifiée. En avant des rochers découverts, les frondes du *Saccorhiza* et du *L. Cloustonii* pointaient au-dessus de l'eau; les unes de la teinte brune normale,

les autres pâles comme les exemplaires que je venais de trouver; pour les récolter à la main, il eût fallu attendre l'équinoxe du printemps prochain. Les 27 et 28 septembre, par des marées de coefficients 93 et 96, aidé des marins du Laboratoire, j'ai pu examiner le fond de l'eau, près des roches Dûon et sur la partie occidentale de la côte sud de l'île de Batz (stations séparées par une dizaine de kilomètres), et extraire de nombreux exemplaires en tranchant leur tige. Or, sur ces deux points, comme à l'île Verte, l'abondant *L. Cloustonii* est mélangé, en nombre à peu près égal, à l'espèce pourvue d'une lame blanchâtre que j'appelle, provisoirement, *L. Lejolisii* et dont les premiers individus observés étaient des représentants de taille réduite égarés à un niveau élevé. En effet, bien que je n'aie pu obtenir aucun exemplaire pourvu de ses haptères, certains stipes dépassaient $1^{m}$, avec un diamètre basilaire de $3^{cm}$ à $3^{cm},5$ et $1^{cm}$ à $1^{cm},5$ au sommet; le stipe, d'un brun grisâtre, entièrement lisse, très glissant, très flexible, sans épiphytes, renferme des canaux mucifères répartis sur deux rangs très distincts dans la partie jeune, l'un à la limite interne de l'écorce, l'autre plus extérieur qui perd de sa netteté dans la partie âgée; à la base, la couche intermédiaire entre la moelle et l'écorce comprend deux zones concentriques; la moelle arrondie, ou elliptique, parfois légèrement excentrique, se rétracte fortement à l'air et devient blanche comme celle du Sureau. Le tout se corrompt rapidement à l'air. Tous ces caractères s'opposent franchement au *L. Cloustonii* de consistance plus rigide. L'écorce des deux espèces est riche en fucosane assez uniformément répartie. En opposition avec le *L. flexicaulis*, le stipe ne s'amincit ni ne s'élargit à son extrémité et la lame à base cordiforme s'évase brusquement; d'ailleurs, comme l'a vu Le Jolis, la moelle du *L. flexicaulis* « figure une ellipse très allongée, à cornes aiguës s'approchant de la circonférence du stipe », ce qui tient à son étalement latéral précoce avant de pénétrer dans la lame et est une sorte d'intermédiaire au cas du *S. bulbosa*. La lame du *L. Lejolisii*, d'environ $1^{m}$ de long, pourvue de canaux mucifères, est plus claire que chez les autres Laminaires, blanchâtre, particulièrement à sa base indivise; les lanières, plus longues et moins coriaces que celles du *L. Cloustonii*, portent de larges sores irréguliers se correspondant assez bien sur les deux faces et souvent partiellement détruits par l'*Helcion pellucidum*. Aucun exemplaire de *L. Cloustonii* n'était fructifié.

Depuis j'ai reçu du Laboratoire un envoi de ces deux espèces simultanément récoltées aux roches Duon, le 11 novembre; la hauteur et l'agitation de l'eau n'avaient pas permis d'atteindre les haptères. Les caractères du stipe du *L. Lejolisii* n'avaient pas varié depuis septembre; la lame était moins longue ($50^{cm}$-$70^{cm}$), plus gâtée par l'*Helcion*, plus usée au bout des lanières, et rien ne laissait prévoir son renouvellement; les sores restaient cantonnés sur les lanières. Les dix exemplaires reçus de *L. Cloustonii* avaient un stipe plus court et moins large à la base, bien que la couche intermédiaire de certains présentât huit zones concentriques; les lanières des lames, d'un brun roux foncé, étaient tronquées sans paraître usées; une seule lame était fructifiée, un sore continu couvrant chaque face des lanières.

Certainement nouvelle pour la France, la Laminaire que je nomme *L. Lejolisii* n'est pas un hybride de *L. Cloustonii* et de *L. flexicaulis* et, *a priori*, elle correspond à une espèce déjà décrite. Elle ne peut être le *L. nigripes* dont le stipe est cylindrique, ni le *L. Gunneri*, de taille bien moindre et dont la lame est noirâtre, l'une et l'autre des régions boréales. De toutes les espèces de la section, son aspect extérieur

la rapprocherait plutôt du *L. pallida*. Greville désignait ainsi une Laminaire du Cap qui fut retrouvée ensuite aux Canaries, puis au Maroc et qu'enfin j'ai récoltée à La Corogne (Espagne) à un niveau relativement élevé ([1]). Cependant, le *L. pallida* est incomplètement connu; d'ailleurs, les diagnoses de J. Agardh, d'Areschoug et de Schousboe concordent imparfaitement. Grâce à l'obligeance de M. Mangin et de M. Hariot, j'ai examiné un spécimen du *L. pallida* du Maroc et un autre du Cap, conservés au Muséum; l'écorce du stipe possède un seul cercle de canaux mucifères et la couche intermédiaire en est dépourvue; d'innombrables taches sombres, mentionnées par J. Agardh, ponctuent la lame de la plante du Cap et manquent à celles du Maroc et de La Corogne. Ces taches sont des groupes de cellules corticales remplies de fucosane, vraisemblablement incolores sur le vivant, et qui correspondent aux *glandes à mucilage* décrites par Okamura et Yendo chez les *Undaria* ([2]), mais ici, elles coexistent avec un appareil mucifère très développé. L'écorce du stipe du *L. pallida* de La Corogne, aussi riche en fucosane que celle des *L. Cloustonii* et *L. Lejolisii*, possède deux cercles discontinus de canaux mucifères; en outre, vers la base, la couche intermédiaire renferme aussi des canaux. D'après ces brèves indications, il est donc possible que le nom *L. pallida* s'applique à trois espèces anatomiquement distinctes, toutes différentes de la plante de Roscoff. Dans ces conditions, j'ignore le pays d'origine de celle-ci et j'ai dû la désigner par un nom nouveau.

L'apparition du *L. Lejolisii* dans la région de Roscoff est récente et son cas paraît comparable à celui du *Colpomenia sinuosa*. Si les déductions de Le Jolis relativement aux zones concentriques du *L. Cloustonii* sont exactes, et si elles s'appliquent au *L. Lejolisii*, les exemplaires récoltés auraient deux années d'âge. Ses zoospores peuvent propager l'espèce, car j'ai actuellement des cultures en bon état. D'ailleurs, la plante s'est déjà multipliée sur place, comme le prouve sa présence sur une bande de $10^{km}$ (le temps m'a manqué pour la rechercher ailleurs) et il est probablement trop tard pour déterminer d'où elle a essaimé.

Le *L. Lejolisii* fut vraisemblablement introduit par un navire au voisinage d'un port plus important que celui de Roscoff, ou par les sous-marins qui fréquentent les baies de la côte bretonne. Quoi qu'il en soit, il semble devoir se naturaliser sur nos côtes et y étendre son aire de dispersion, à l'inverse du boréal *Alaria esculenta*, signalé chez nous depuis plus d'un siècle, qui se maintient dans des stations d'étendue très restreinte sans se répandre davantage. Ses migrations intéresseront les biologistes. Un autre point appelle l'attention. Si l'envahissement du *L. Lejolisii* se continue, il supplantera le *L. Cloustonii* de croissance moins rapide et qui passe pour l'une des Algues européennes les plus riches en iode.

---

([1]) C. Sauvageau, *Note préliminaire sur les Algues du golfe de Gascogne*, 1897.

([2]) C. Sauvageau, *Sur les « glandes à mucilage » de certaines Laminaires* (*Comptes rendus*, t. 162, 1916, p. 921).

ZOOLOGIE. — *Sur les diverses formes de* Ceratomyxa Herouardi *Georgév.* Note (¹) de M. J. Georgévitch, présentée par M. Y. Delage.

Nous avons déjà donné la diagnose (²) de cette forme curieuse de Myxididées trouvée dans la vésicule biliaire de *Box salpæ*. Elle est surtout caractérisée par un cycle évolutif très compliqué, conséquence d'une variété extraordinaire des formes qui le composent. C'est la description de ces formes qui fera l'objet de la présente Note.

A la base de la série se trouve une forme elliptique arrondie ou même allongée, uninucléée, poussant des pseudopodes à la manière des amibes du groupe Limax, et présentant quelquefois, sur une partie de leur corps, une brosse de courts pseudopodes, probablement pour la fixation sur la paroi de la vésicule biliaire. Ce n'est en somme qu'un pansporoblaste provenant du germe amiboïde binucléé, délivré de la spore dans la vésicule biliaire de l'hôte même.

En partant de cette forme initiale on obtient toutes les autres soit par divisions répétées, soit par allongements ou par bourgeonnements extérieurs ou intérieurs.

Par division simple on obtient des agglomérations à deux, quatre ou un grand nombre de cellules. Ce n'est en somme qu'une schizogonie répétée, dont chaque composante en s'isolant peut refaire le même cycle. C'est pourquoi on trouve assez souvent dans la vésicule biliaire des pansporoblastes uninucléés en grand nombre.

En s'isolant, ces pansporoblastes peuvent s'agrandir considérablement, multiplier leurs noyaux, et cette masse plasmique ainsi considérablement agrandie peut alors s'étirer, se diviser et donner naissance à des plasmodies multinucléées de grandeur inégale.

D'autres pansporoblastes arrondis, tout en s'accroissant considérablement et tout en multipliant leurs noyaux peuvent donner soit des bourgeons externes, quand une partie de ces noyaux, parvenue à la surface du pansporoblaste, s'empare d'une petite quantité du protoplasme de la cellule mère, soit des bourgeons internes, par voie endogène, quand les noyaux restés à l'intérieur des pansporoblastes s'entourent du protoplasme de la

(¹) Séance du 27 novembre 1916.

(²) *Sur les Myxosporidies des Poissons de la baie de Villefranche et de Monaco* (*Bull. Instit. océanogr.*, nº 322, Monaco, 1916).

cellule mère. Finalement la cellule mère se désagrège et les petits bourgeons, qui ne sont en somme que des schizontes, se libèrent pour recommencer le même cycle. Il y a toujours une partie de la cellule mère qui n'est pas employée à cette formation et qui périt après la délivrance des bourgeons.

Quelquefois ces masses plasmiques peuvent s'agrandir énormément, plusieurs centaines de fois, voire même plusieurs milliers de fois et alors les parties composantes qui peuvent revêtir des formes différentes : arrondies, allongées, piriformes ou en bâtonnets, d'ailleurs de dimensions inégales, peuvent à leur tour présenter les phénomènes de schizogonie ou de bourgeonnement extérieur. D'où il en résulte des formes très compliquées, d'aspect très bizarre et qui sont rendues plus compliquées encore par la présence des stades les plus variés de sporulation soit à l'intérieur de ces plasmodies, soit dans les bourgeons externes.

On trouve quelquefois des vésicules biliaires dans lesquelles ces parasites revêtent des formes encore plus étranges, quand la cellule initiale s'accroît démesurément en longueur. Toutes les parties qu'elle engendre gardent cet aspect de bâtonnets très allongés et comme ces parties sont de dimensions inégales et qu'elles peuvent à leur tour bourgeonner, se replier autour de leur axe initial ainsi qu'autour du pivot principal, la colonie se présente sous forme d'un bâton, muni latéralement de touffes de branches secondaires, toujours de plus en plus petites à mesure qu'on s'éloigne du pivot principal. En s'isolant ces formes en bâtonnets peuvent répéter le même cycle ou bien peuvent s'élargir et revêtir la forme piriforme, elliptique ou arrondie. A ce stade ces formes peuvent reparcourir les cycles déjà mentionnés; on voit que la transition d'une forme à l'autre est possible ce qui se conçoit facilement parce que ces formes concourent toutes à un but final, l'auto-infection de l'hôte.

Mais les formes les plus compliquées et qui méritent le plus notre attention sont certainement celles qui, tout en gardant leur aspect piriforme, sont quelquefois très allongées et présentent des phénomènes de bourgeonnement sur leurs parties élargies. A leur intérieur s'accomplissent des phénomènes cytologiques des plus intéressants; le résultat final est la formation d'un cornet à double paroi dans l'intérieur duquel se trouve un nombre considérable de schizontes qui se délivrent par éclatement des parois. La masse plasmique, qui composait ces cornets ainsi vidés de leurs schizontes, ne présente plus que des enveloppes vides dont le cycle vital est achevé et qui sont destinées finalement à se désagréger. En effet, on trouve assez fréquemment ces enveloppes vides devenues d'autant plus

hyalines et transparentes que le processus de l'extinction protoplasmique est plus avancé.

Ce sont ces formes piriformes, allongées ou non, avec ou sans bourgeonnement, qui frappent le plus l'attention quand on voit pour la première fois cette gigantesque et belle espèce.

Enfin ces schizontes uninucléés, issus soit directement des spores, soit par ces voies détournées, peuvent s'acheminer directement dans la voie de la sporulation, qui s'accomplit par un processus déjà connu sur d'autres espèces des Myxosporidies bien étudiées. Nous avons déjà mentionné les différents stades de la sporulation dans toutes ces formes que nous venons d'énumérer.

De tout ce que nous avons exposé ici il résulte que chez notre espèce le phénomène de schizogonie est poussé jusqu'à l'extrême et que surtout le processus de bourgeonnement joue un grand rôle dans la dissémination de ce parasite dans le même hôte. C'est justement ce processus de bourgeonnement, mentionné seulement par quelques auteurs et notamment par Cohn, chez *Myxidium* de la vésicule urinaire du Brochet, qui a été souvent contesté. D'après le travail de cet auteur, confirmé ensuite par Auerbach, cette dissémination multiplicative s'accomplit en hiver, c'est-à-dire à l'époque où la sporulation est très rare. Par contre nous avons vu les bourgeons se former et s'isoler même fréquemment chez des individus qui sont atteints au plus haut degré par la sporulation. Les stades les plus jeunes peuvent eux aussi émettre des bourgeons; ce fait a été contesté par Keyssèlitz, mais émis récemment par Schiwago pour les Microsporidies.

Enfin nous pouvons dire que nulle part, chez aucune espèce de Myxosporidies étudiée jusqu'à présent, on ne trouve cette diversité de formes. Nous croyons de même que dorénavant les stades végétatifs joueront un rôle plus grand dans la détermination des espèces de Myxosporidies, les spores, uniquement utilisées jusqu'à présent pour cette détermination, étant souvent le résultat des phénomènes de convergence.

MÉDECINE. — *Tétanos et gelures*. Note [1] de MM. **Auguste Lumière** et **Étienne Astier**, présentée par M. Laveran.

Parmi les 90 cas de tétanos évacués sur le Service d'isolement de l'Hôtel-Dieu de Lyon depuis le début de la guerre, nous avons observé

[1] Séance du 27 novembre 1916.

5 cas se rapportant à des soldats ayant eu les pieds gelés. Un seul d'entre eux avait reçu une injection préventive de sérum antitétanique et l'évolution de l'intoxication a été fatale pour tous.

Nous rapportons ci-dessous, très sommairement, les observations de ces cinq cas :

1° G. Ferdinand, 29 ans, soldat d'infanterie. Resté pendant 8 jours, dans les tranchées humides, avec les pieds imprégnés d'eau au voisinage de 0°; a dû être évacué le 18 décembre 1914 sur une ambulance de la zone des armées, puis sur un hôpital temporaire de Lyon, où il arrive le 23 avec le pied droit tuméfié et de la gangrène des orteils. Le 31 décembre, 13 jours après la blessure, le trismus apparaît, accompagné bientôt de raideur de la nuque, d'exagération des réflexes, de crises. La maladie évolue fatalement en 5 jours.

2° T. Jean, 28 ans, soldat d'infanterie. Dans la nuit du 19 au 20 décembre a eu les deux pieds gelés. Hospitalisé pendant 18 jours dans une ambulance du front, il est dirigé sur Lyon le 9 janvier. Il arrive à l'Hôtel-Dieu avec de la gangrène des orteils qui sont presque complètement détachés du métatarse. Les plaies sont extrêmement fétides.

Les premiers symptômes de tétanos apparaissent 21 jours après la gelure, le 10 janvier; la marche de l'intoxication est très rapide. Mort le 12 janvier, 48 heures après l'apparition du trismus.

3° G. Félicien, 26 ans, soldat d'infanterie. Gelure légère des deux pieds au commencement de janvier 1915. Envoyé à Lyon aussitôt après, dans un hôpital auxiliaire où l'on constate des lésions peu profondes siégeant surtout aux talons. Petite escarre du talon droit. Le 13 janvier, le trismus apparaît (une dizaine de jours après la gelure). Forme grave de tétanos, crises violentes avec opisthotonos quelques heures après le début du trismus. Évolution fatale, presque foudroyante, en moins de 48 heures.

4° L. Mohamed, 29 ans, soldat aux tirailleurs algériens. Gelure ulcérée du pied gauche datant du 5 mars 1916, arrive à Lyon avec du trismus qui se manifeste 10 jours après l'accident, accompagné de tous les symptômes tétaniques. Peu à peu ces symptômes s'aggravent et la mort survient 8 jours après le début de l'infection.

5° V. Paul, 37 ans, soldat d'infanterie. Ulcérations profondes des deux pieds à la suite de gelure le 6 mars 1916. Plaies très infectées et fétides. Premiers symptômes de tétanos le 26 mars, 19 jours après la gelure, se traduisant par du trismus atténué, avec rire sardonique, puis des contractures spasmodiques violentes localisées aux membres inférieurs. Traité par les injections intraveineuses de persulfate de soude et pansé au chlorure de chaux. Les spasmes disparaissent complètement et les plaies sont désodorisées en 48 heures. Ne présente plus aucun signe de tétanos au bout de 3 semaines, mais meurt le 26 avril de septicopyohémie confirmée par l'autopsie.

Nos statistiques qui, sur 90 cas de tétanos, présentent 5 cas consécutifs à des gelures, soit 5,55 pour 100, semblent indiquer, on le voit, une affinité

spéciale du bacille de Nicolaïer pour les plaies ulcéreuses provoquées par le froid. Il faut, en réalité, tenir compte de ce que les mesures prophylactiques auxquelles sont systématiquement soumis désormais tous les blessés ne sont pas toujours appliquées aux gelures. Mais cette considération elle-même nous paraît intéressante à retenir au moment où les cas de gelure vont peut-être affluer dans nos hôpitaux militaires; elle nous permet, en effet, d'attirer l'attention du corps médical sur la nécessité de soumettre tous les soldats atteints de lésions de ce genre aux injections préventives de sérum antitétanique au même titre que les autres blessés.

HYGIÈNE ALIMENTAIRE. — *Sur la protection mécanique et la conservation des œufs.* Note de M. **André Arnoux.**

Nos expériences ont eu pour but de chercher un procédé pratique et économique permettant la protection mécanique et la conservation des œufs, en particulier pour l'envoi aux prisonniers ou au front et ne nécessitant pas d'outillage spécial, c'est-à-dire permettant la préparation par les familles.

Nous avons étudié différentes méthodes, ainsi que différents produits chimiques. Nous ne communiquons que la méthode qui peut rendre le plus de services, tant au point de vue de l'économie et du maximum d'efficacité qu'au point de vue de la facilité d'application.

Elle consiste dans l'enrobage de l'œuf dans une enveloppe dure empêchant la pénétration de l'air.

L'œuf très frais est enfermé dans une enveloppe molle constituée par des bandes d'étoffes qui, au moment de l'emploi, sont trempées dans une colle minérale susceptible de durcir et de protéger l'œuf. Les conditions nécessaires de cette colle sont les suivantes : elle ne doit avoir aucune odeur, aucune saveur. Elle doit, en séchant, donner un enduit dur. Elle doit être incolore. Elle doit être indécomposable et imputrescible. Elle doit être économique.

Parmi les produits chimiques étudiés plusieurs réunissent ces conditions. Celui dont l'emploi est le plus aisé est le silicate de soude. Nous rappelons que ce corps a d'ailleurs déjà fait ses preuves au point de vue de la conservation des œufs. L'œuf ainsi protégé ne craint plus aucun choc et peut voyager comme une simple boîte de conserve. Nous avons lancé des œufs ainsi enrobés dans un escalier où ils ont rebondi de marche en marche; arrivés en bas, ils étaient intacts. Au point de vue de la conservation, cette

armature d'étoffe durcie et adhérente à l'œuf est nettement supérieure aux méthodes ordinaires (chaux, sel, silicate simple, etc.)

Pratiquement pour les prisonniers la conservation est d'un mois. Au bout d'un mois, si l'œuf a été préparé le jour de la ponte, il arrive dans un tel état de fraîcheur qu'il peut donner l'illusion d'un œuf pondu de la veille, l'œuf est momifié. Sur 520 œufs expérimentés, ayant voyagé de trois semaines à un mois, dans de mauvaises conditions de transport, choc, température dépassant 25°, tous sont arrivés intacts.

La façon d'opérer est la suivante : l'œuf *très frais* est enroulé *soigneusement* dans des bandes d'étoffes imprégnées de silicate de soude liquide; l'œuf est ensuite mis à sécher sur un papier dans un endroit aéré pendant 12 heures; au bout de ce temps la colle minérale est sèche. L'œuf a pris l'apparence d'une pierre.

Pour la consommation on trempe l'œuf dans l'eau tiède, la colle minérale se dissout facilement. On peut encore tailler l'enveloppe avec un couteau comme on pèle un fruit.

On peut employer d'autres enveloppes que des bandes d'étoffes (ouate, sciure de bois, etc.) D'autres produits alimentaires sont susceptibles d'être protégés ainsi.

A 15 heures trois quarts, l'Académie se forme en Comité secret.

## COMITÉ SECRET.

L'Académie achève de discuter le Rapport présenté par M. Tisserand au nom de la Commission d'action extérieure de l'Académie.

L'article suivant, qui complète ceux insérés dans le *Compte rendu* du 20 novembre 1916, est voté par l'Académie. Il devra être inséré dans le Rapport, à 9° (p. 633, ...) :

« Ce Conseil pourrait être composé de 26 membres répartis de la manière suivante :

» 10 membres de l'Institut seraient élus par l'Académie des Sciences,

» 5 membres seraient désignés par l'Académie d'Agriculture,

» 8 membres pris parmi les notabilités compétentes seraient choisis par le Conseil lui-même;

» Le Directeur général des Eaux et Forêts, le Directeur de l'Agriculture et le Directeur des Services sanitaires et scientifiques et de la Répression des fraudes en feraient partie de droit.

» Les membres élus seraient nommés pour trois ans et rééligibles.

» Le Conseil nommerait son Bureau, un Comité permanent, s'il y avait lieu, et le personnel d'agents nécessaires au fonctionnement de l'Institution. »

La séance est levée à 16 heures et quart.

A. Lx.

---

## BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

### Ouvrages reçus dans les séances de septembre 1916.

*Sur des lignes polygonales et sur des surfaces polyédrales généralisant les polygones de Poncelet*, par Paul Appell. Extrait du *Bulletin des Sciences mathématiques*, 2e série, t. XL; juillet 1916. Paris, Gauthier-Villars, 1916; 1 fasc. (Hommage de l'auteur.)

*Intégrales de Lebesgue. Fonctions d'ensemble. Classes de Baire.* Leçons professées au Collège de France, par C. de la Vallée Poussin, Paris, Gauthier-Villars, 1916; 1 vol. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

République française. Département de l'Eure. *Rapport du Conseil départemental d'Hygiène publique et de Salubrité et des Commissions sanitaires. Année* 1914. Évreux, Ch. Hérissey, 1915; 1 fasc. in-16.

*Bases théoriques de l'Aéronautique. Aérodynamique.* Cours professé à l'École impériale technique de Moscou, par N. Joukowski, traduit du russe par S. Drzewiecki. Paris, Gauthier-Villars, 1916; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Bertin.)

Note sur le Tome III des *Procès-verbaux des séances de l'Académie, tenues depuis la fondation de l'Institut jusqu'au mois d'août* 1835, par M. A. Boulanger. Extrait du *Bulletin des Sciences mathématiques*, 2e série, t. XL, juillet 1916. Paris, Gauthier-Villars, 1916; 1 fasc.

*Le darwinisme et la guerre*, par P. Chalmers Mitchell, traduit de l'anglais par Maurice Solovine et précédé d'une lettre-préface de M. Émile Boutroux. Paris, Félix Alcan, 1916; 1 vol. in-16. (Présenté par M. Edmond Perrier.)

*Erläuterungen zur geologischen Karte der Schweiz;* fascicules nos 14, 16, 18. Basel et Zürich, 1915 et 1916; 3 fasc. in-12.

*Internationale Erdmessung. Astronomisch-geodätische Arbeiten in der Schweiz*, herausgegeben von der SCHWEIZERISCHEN GEODÄTISCHEN KOMMISSION, fünfzehnter Band, Schwerebestimmungen in den Jahren 1911 bis 1914. Zürich, Beer, 1916; 1 vol. in-4°.

*Annalen der schweizerischen meteorologischen Zentral-Anstalt*, 1914. Zürich, Zürcher und Furrer, s. d.; 1 vol. in-4°.

*Discours prononcé par M. Paul Painlevé, Ministre de l'Instruction publique, des Beaux-Arts et des Inventions intéressant la Défense nationale, à la « Mansion House », à Londres, le 4 août* 1916, *pour le second anniversaire de l'entrée en guerre de l'Angleterre*, inséré au *Bulletin administratif du Ministère de l'Instruction publique*, année 1916, n° 2237, p. 397.

*Comment on peut expliquer tous les phénomènes observés dans le Ciel et sur la Terre*, par J.-B. SILVANI. Nice, Mathieu, 1916; 1 vol. in-8°.

*Recherches astronomiques de l'Observatoire d'Utrecht*, VI. Utrecht, J. van Boekhoven, 1916; 1 vol. in-4°.

Royal Observatory, Hongkong. *The climate of Hongkong*, by T. F. CLAXTON. Hongkong, Noronha, 1916; 1 fasc. in-4°.

*Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, vol. L, part III, session 1914-1915. Edinburgh, Robert Grant, 1916; 1 vol. in-4°.

*Centuria seconda di Acari nuovi*. ANTONIO BERLESE. Firenze, Ricci, 1916; 1 fasc. in-8°.

*Carte annuali delle piogge nella regione veneta per gli anni* 1914 *e* 1915, par GIOVANNI MAGRINI. Venezia, Carlo Ferrari, 1916; 1 fasc. in-8°.

*Sopra la natura e la distribuzione delle rocce terziarie della Venezia*. Ufficio idrografico, publ. n° 66. Venezia, Carlo Ferrari, 1916; 1 fasc. in-8°.

*Sopra la insussistenza del numero* π. Palermo, Calogero Sciarrino, 1916; 1 fasc. in-8°.

*Historia sismica de los Andes meridionales al sur del paradelo XVI*, sexta parte, por F. DE MONTESSUS DE BALLORE. Santiago-Valparaiso, Sociedad Barcelona, 1916; 1 fasc. in-8°.

Universidad nacional de La Plata. *Anuario para el año* 1916, n° 7. La Plata, Facultad de ciencias, 1916; 1 fasc. in-8°.

*La paradoja de la optica mathematica*, por JULIO GARAVITO. Bogota, Imprenta nacional, 1916; 1 fasc. in-8°.

*Recherches sur l'aspirine*, par D. E. TSAKALOTOS. Athènes, Sakellariou, 1916; 1 fasc. in-8°. (Écrit en langue grecque.)

*La cellule, sa croissance et son développement*, par MICHEL YÉGOUNOW, 1915; 1 fasc. in-8°. (Écrit en langue russe.)

*Theories of the origin of birds*, by WILLIAM-K. GREGORY. New-York, *Annals of the Academy of Sciences*, vol. XXVII, p. 31-38, may 1916; 1 fasc. in-8°.

*A Study of the Morrisson formation*, by CHARLES CRAIG MOOK. New-York, *Annal of the Academy of Sciences*, vol. XXVII, p. 39-191, june 1916; 1 fasc. in-8°.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 11 DÉCEMBRE 1916.

PRÉSIDENCE DE M. CAMILLE JORDAN.

---

### RENOUVELLEMENT ANNUEL
DU BUREAU ET DE LA COMMISSION ADMINISTRATIVE.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Vice-Président pour l'année 1917.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 33,

| | | |
|---|---|---|
| M. P. Painlevé obtient | . . . . . . . . . . | 28 suffrages |
| M. Boussinesq | » . . . . . . . . . . | 1 suffrage |
| M. Sebert | » . . . . . . . . . . | 1 » |
| M. Violle | » . . . . . . . . . . | 1 » |

Il y a un bulletin nul et un bulletin blanc.

M. P. **Painlevé**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est élu Vice-Président.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection de deux membres de la *Commission administrative* pour l'année 1917.

MM. **Émile Picard** et **Edmond Perrier** réunissent la majorité des suffrages.

# MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
## DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MINÉRALOGIE. — *Les phénomènes de contact exomorphes et endomorphes des granites à œgyrine et riebeckite du nord-ouest de Madagascar.* Note de M. A. LACROIX.

L'exploration de la région d'Ampasibitika dans la baie d'Ampasindava m'a permis de recueillir des observations qui confirment quelques-unes des conclusions théoriques de mes recherches sur les phénomènes de contact du granite des Pyrénées ([1]), à savoir :

1° Les transformations exomorphes subies par les sédiments au contact des magmas éruptifs *peuvent* résulter, au moins partiellement, d'apports émanés du magma par voie pneumatolytique.

2° Le magma lui-même *peut* être modifié par une dissolution de sédiments, *compliquée par la fixation de produits volatils ou transportables accompagnant les silicates fondus dans le magma.*

Les observations nouvelles faites à Madagascar tirent leur principal intérêt de ce que les granites modifiés n'ont pas la composition des types normaux étudiés jusqu'ici à ce point de vue, mais possèdent une composition tout à fait particulière : ce sont en effet ces granites très alcalins et en même temps très ferrifères [granites à riebeckite et à ægyrine et en particulier fasibitikites, que j'ai décrits dans une Note antérieure ([2])].

*Phénomènes exomorphes.* — Les sédiments qui forment la bordure de la baie d'Ampasindava appartiennent au Lias; dans la région étudiée, ils consistent en calcaires, en marnes et en grès à ciment de calcite. Dans la haute falaise, d'où tombe en cascades le ruisseau d'Ampasibitika, ces sédiments sont presque horizontaux; ils sont traversés par de nombreux filons granitiques.

Les *calcaires* sont transformés en marbres blancs, au milieu desquels se rencontrent, au voisinage immédiat du granite, des lits d'agrégats silicatés à grands éléments for-

([1]) *Bulletin de la Carte géologique de France*, n$^{os}$ 64 (1898) et 71 (1900).
([2]) *Comptes rendus*, t. 161, 1915, p. 253.

mant aussi des veines anastomosées qui, de loin, se peuvent confondre avec celles de granite. Elles présentent un intérêt théorique, car, si l'on pourrait à la rigueur penser que les lits horizontaux silicatés résultent de la transformation sans apport de couches sédimentaires de composition anormale, il ne saurait en être de même de ces veines coupant des couches de composition différente.

Le minéral métamorphique dominant y est le grenat grossulaire, jaune vif ou verdâtre, formant parfois des grenatites à gros grain dans lesquelles apparaissent des formes géométriques distinctes ($b^1$) toutes les fois qu'a subsisté un peu de calcite ou qu'il existe du quartz de cristallisation postérieure. L'examen microscopique montre que ces grenatites renferment, en outre, du diopside incolore et de la wollastonite. Certaines veines silicatées possèdent une disposition symétrique; sur leurs bords, le grenat est englobé par de grandes plages de *fluorine* violacée, tandis qu'au centre se trouvent surtout de la wollastonite fibreuse et un peu de diopside. Quand il subsiste de la calcite, ce minéral présente des structures extraordinaires; ou bien des associations graphiques avec du quartz, dans lesquelles la calcite est le minéral enveloppé, ou bien des groupements à axes parallèles de nombreux cristaux allongés suivant $c$ dont les intervalles sont occupés par de petits grains de quartz et de diopside; cette dernière structure rappelle celle des chondres des météorites. Très fréquemment, les cristaux de grenat sont cimentés par de l'ægyrine et de la pectolite ayant des formes nettes quand ces minéraux sont englobés dans de la calcite ou du quartz. Le grossulaire est de composition variable; il passe à l'andradite et il est parfois riche en inclusions de magnétite.

Les *grès calcaires* sont transformés en cornéennes compactes, très dures, jaunes ou d'un vert clair, avec zones d'un vert noir au contact immédiat du granite. La calcite a été plus ou moins remplacée par de la wollastonite et du diopside qui cimentent solidement le quartz clastique et quelques grains de feldspath du sédiment; un peu de sphène entourant du rutile est presque constant. Au voisinage immédiat du contact, les silicates calcaires deviennent ferrugineux; ils ne forment plus de petits grains, mais de grands cristaux associés à des plages pœcilitiques d'orthose; le quartz est entièrement recristallisé; enfin, il existe en quantité souvent considérable de la *fluorine* incolore ou violette, dépourvue de formes géométriques; son existence démontre d'une façon indiscutable les apports pneumatolytiques.

A Andranomantoa, des *marnes* ont été transformées en cornéennes extrêmement compactes, mouchetées de brun rouge, de vert clair ou de noir, suivant que le minéral métamorphique prédominant est de l'andradite, du diopside ou une amphibole très ferrifère et sodique d'un vert bleuâtre en lames minces. Quand cette dernière est abondante, le grain de la roche augmente et la cornéenne passe à une amphibolite. Dans toutes ces roches, de la calcite apparaît encore çà et là.

Au milieu d'elles, se trouvent des amas de magnétite grenue; quand je suis passé à Andranomantoa, des travaux de recherche effectués quelques années auparavant étaient envahis déjà par la végétation tropicale et je n'ai pu me rendre compte de l'importance de ce gisement métallifère; mais, au point de vue de la genèse, il doit être comparé à celui de Boutadiol, dans l'Ariège ([1]). Il n'y a aucun doute possible

---

([1]) A. Lacroix, *Comptes rendus*, t. 128, 1899, p. 1467.

sur son origine pneumatolytique, attendu que les assises liasiques de la région ne renferment aucun minerai de fer sédimentaire dont la transformation aurait pu donner naissance à de la magnétite.

*Phénomènes endomorphes.* — J'ai rencontré deux types de modification endomorphe dans les granites.

Parfois, le contact avec le sédiment se fait par une zone de mélange plus ou moins épaisse, et cela a lieu ainsi lorsque le granite se voit dans des grenatites. Les plus frappantes de ces modifications sont celles que présente le granite à grands cristaux de riebeckite. La zone intermédiaire à gros grain est très mélanocrate et constituée par un métasilicate vert foncé, beaucoup de grenat brunâtre, avec fort peu de feldspaths; on distingue en outre de grosses masses d'un brun foncé paraissant à l'œil nu entièrement formées par de l'andradite et qui, isolées au milieu de la roche endomorphe, restent orientées parallèlement aux épontes dont elles sont des portions imparfaitement digérées.

Au microscope, on constate que le métasilicate n'est plus la riebeckite comme dans le granite, mais ce nouveau type de pyroxène que je décrirai plus loin sous le nom de *hédenbergite ægyrinique;* il est quelquefois accompagné de véritable ægyrine. De gros rhombododécaèdres de grenat l'accompagnent, incolores et biréfringents seulement sur les bords (grossulaire), plus ou moins colorés et surtout monoréfringents dans la plus grande partie des cristaux (andradite). Çà et là, apparaissent des cristaux nets d'épidote ferrugineuse d'un jaune très foncé. Cette association paradoxale de pyroxènes sodiques, de grenats calciques et d'épidote est englobée par quelques grandes plages d'orthose et d'albite; il faut signaler enfin des plages de calcite, maclées suivant $b^1$, renfermant de nombreuses aiguilles d'ægyrine et se distinguant bien de la calcite secondaire fibreuse qui épigénise plus ou moins complètement de nombreuses baguettes de wollastonite et de pectolite. Dans cette roche endomorphe, procédant d'un granite très quartzeux, le quartz manque souvent d'une façon complète; quand il existe en petite quantité, il est toujours de formation postérieure à la calcite. Assez fréquemment, la cristallisation du pyroxène a en partie suivi celle des feldspaths qui apparaissent alors sous forme de cristaux porphyroïdes sur un fond vert sombre.

Je donne ci-contre les analyses (par M. Pisani) : *a*, du granite à riebeckite et ægyrine; *b* et *c*, de deux types endomorphes de plus en plus riches en grenat :

| | *a.* | *b.* | *c.* |
|---|---|---|---|
| $SiO^2$ | 70,40 | 47,20 | 42,70 |
| $Al^2O^3$ | 7,85 | 10,40 | 10,25 |
| $Fe^2O^3$ | 6,98 | 10,70 | 15,40 |
| FeO | 2,98 | 4,10 | 2,07 |
| MnO | 0,13 | n. d. | 0,40 |
| MgO | 0,52 | 1,05 | 0,83 |
| CaO | 0,26 | 17,30 | 22,30 |
| $Na^2O$ | 4,05 | 1,96 | 0,74 |
| $K^2O$ | 4,45 | 3,27 | 2,32 |
| $TiO^2$ | 0,13 | » | » |
| $ZrO^2$ | 1,65 | 1,18 | 1,25 |
| $CO^2$ | » | 2,70 | 0,80 |
| $H^2O$ | 0,25 | 0,80 | 1,81 |
| | 99,65 | 100,66 | 100,87 |

Si, pour fixer les idées, on suppose que la silice est restée constante, ce qui n'est pas tout à fait exact puisque la roche absorbée était un peu argileuse, on peut calculer approximativement les conséquences chimiques de l'absorption du sédiment.

La potasse et la zircone ont subi de minimes fluctuations; une partie de la soude a disparu et c'est elle, très vraisemblablement, qui a été fixée par le calcaire exomorphisé. Tous les autres éléments sont en augmentation et particulièrement la chaux, le fer et, à un moindre degré, l'alumine. La chaux certainement et l'alumine probablement, au moins en partie, ont été fournies par le sédiment, alors que le fer provient nécessairement d'émanations du magma. Cet apport magmatique du fer par un mécanisme pneumatolytique concorde avec l'explication donnée plus haut de la genèse du gîte de magnétite; il est une caractéristique constante des contacts de cette région où les cornéennes sont toujours colorées en vert foncé près du granite, grâce à l'existence d'un diopside ferrugineux remplaçant le diopside parfaitement incolore qui existe seul à quelque distance.

Les transformations qui viennent d'être décrites diffèrent de celles du granite, beaucoup plus alumineux, des Pyrénées, que caractérise la formation de métasilicates calco-magnésiens et de plagioclases. La pauvreté en alumine du magma malgache, aussi bien que du sédiment absorbé, n'a pas permis la production de plagioclases dans ce milieu devenu riche en chaux : l'abondance du fer a conduit au contraire à la genèse de l'andradite et d'un pyroxène ferro-alcalin-calcique spécial. En outre, la formation contemporaine de calcite et de silicates peut être comparée à celle qui a été

signalée dans les syénites néphéliniques de l'Ontario par MM. Adams et Barlow (¹), et que j'ai pu étudier sur place sous la conduite de ces savants. Ces syénites néphéliniques sont intrusives dans des calcaires et renferment non seulement de grands cristaux de calcite, mais les minéraux (scapolite, biotite, etc.) caractéristiques des contacts exomorphes voisins. Si la calcite a pu ainsi se dissoudre puis recristalliser en nature dans le magma qui l'avait englobée, c'est que celui-ci était *originellement* déficitaire en silice. Dans le cas des roches malgaches, cette propriété du magma a été *acquise* au cours de sa mise en place; la grande quantité de silice libre qu'il renfermait primitivement a été tout d'abord saturée (²) par la formation des silicates calciques, et c'est alors seulement que l'excès de carbonate de calcium dissous a pu recristalliser sous forme de calcite, en même temps que divers silicates.

Toutes ces transformations sont d'origine magmatique; elles se sont produites antérieurement à la consolidation de la roche, puisque le type endomorphe ne renferme plus rien ni de la composition minéralogique, ni de la structure du granite. Il me reste à signaler un second genre de modification que j'ai rencontré tout d'abord sur le bord des filons de granite à grands cristaux de riebeckite traversant les cornéennes jaunes. Le contact des deux roches est formé par un plan absolument distinct; à l'inverse du cas précédent, il n'existe pas de zone de mélange.

La structure est identique dans toute l'étendue du filon et la composition minéralogique paraît la même, mais sur $1^{dm}$ ou $2^{dm}$ à partir du sédiment, les grands cristaux de riebeckite ont perdu leur couleur d'un noir bleuâtre; ils ont pris progressivement une couleur vert d'herbe; leurs clivages, normalement faciles et éclatants, sont devenus peu à peu difficiles et ternes : quand le minéral est franchement vert, les clivages sont ceux du pyroxène; il est possible de suivre au microscope et souvent dans l'étendue d'un même cristal l'épigénie progressive de la riebeckite (analyse *a*, M. Raoult) en ce pyroxène qui possède la composition suivante (analyse *b*, M. Pisani; densité : 3,502) :

---

(¹) Voir les publications du *Congrès géologique international de Toronto*, 1913.

(²) Cette saturation de la silice libre du magma granitique par dissolution de sédiments a été réalisée aussi dans les apophyses de granite et de pegmatite injectées dans les micaschistes à sillimanite et corindon du sud-ouest d'Antsirabé sur les Hauts-Plateaux de l'île. Ces roches, très quartzeuses, se transforment alors en syénite formée par du microcline, de la sillimanite et de gros cristaux de corindon qui sont les homologues, au point de vue génétique, de la calcite discutée ici.

| | $SiO^2$. | $Al^2O^3$. | $Fe^2O^3$. | FeO. | MnO. | MgO. | CaO. | $Na^2O$. | $K^2O$. | $TiO^2$. | F. | $H^2O$ à 105°. | $H^2O$ au rouge. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *a*.... | 48,40 | 3,60 | 14,70 | 18,39 | 0,18 | 0,43 | 2,00 | 7,56 | 1,96 | 0,78 | 1,35 | 0,05 | 0,76 | = 100,08 |
| *b*.... | 42,15 | 0,55 | 17,40 | 17,80 | 0,50 | 1,10 | 14,10 | 3,35 | 0,55 | 0,41 | n. d. | 1,90 | | = 99,81 |

Cette composition ne correspond à celle d'aucun pyroxène connu; elle peut être mise sous la forme

$$15[SiO^3]^2(Ca, Fe, Mg)^2.6[SiO^3]^2\overset{III}{Fe^2}Na.4SiO^6\overset{III}{Fe^2}(Ca, Na^2).$$

Par analogie avec l'augite ægyrinique, je désignerai ce minéral sous le nom d'*hédenbergite ægyrinique*.

La comparaison de sa composition chimique et de celle de la riebeckite montre que la pseudomorphose s'est essentiellement effectuée par perte d'alcalis et gain d'une quantité considérable de chaux. Elle n'est pas d'origine magmatique, puisqu'il est possible d'en suivre la marche progressive sur des cristaux dont la forme n'est pas changée et puisqu'aucun autre minéral du granite n'a subi d'altération concomitante ni dans sa composition ni dans sa structure. Cette transformation s'est effectuée alors que la roche était consolidée et en place, elle ne peut donc être due qu'à des actions pneumatolytiques et la chaux fixée a dû être enlevée au sédiment voisin.

Ce même type de pseudomorphose est constant et généralement total dans de nombreuses veinules granitiques de $1^{cm}$ à $10^{cm}$ d'épaisseur, renfermant parfois de l'allanite et de l'ænigmatite dans leur partie axiale et qui ne sont que des apophyses de filons plus épais. Parfois la riebeckite y est remplacée, non plus par un cristal homogène d'hédenbergite ægyrinique, mais par un mélange de ce minéral, de quartz, de calcite et de fluorine qui est surtout abondante dans des veinules riches en pyrite.

ASTRONOMIE. — *Sur l'emplacement et les coordonnées des observatoires de Boulliau, de Gassendi et de P. Petit.* Note de M. G. **Bigourdan**.

Jusqu'à la fondation de l'Observatoire, les astronomes de Paris ne disposèrent d'aucun lieu commode pour leurs observations; aussi les voyons-nous errer en quelque sorte de tous côtés, dans des installations provisoires.

Quand il s'agit de quelque phénomène accidentel et important, tel qu'une éclipse, on indique généralement l'hôtel, le collège, le couvent où l'on s'installe; mais ce renseignement fait défaut pour les autres observa-

tions, comme les passages de planètes au voisinage de quelque étoile, etc. Il est très probable qu'alors chacun plaçait les instruments dans son propre logis ou dans le jardin voisin, ce qui conduit à chercher les points de Paris que les astronomes ont habités successivement.

Pour Boulliau voici les renseignements que j'ai pu recueillir en parcourant sa volumineuse correspondance, qui se trouve à la bibliothèque nationale ([1]).

En 1634 il ne paraît pas encore fixé; on lui écrit tantôt au collège de Navarre, tantôt chez le marquis de Sourdis près du Louvre; mais il ne tarda pas à s'établir pour de nombreuses années à l'hôtel de Thou, rue des Poitevins. Le 25 juin 1641 il écrit, en effet, à un de ses correspondants ([2]) :

...depuis cinq ans j'ay l'honneur de demeurer chez Monsieur de Thou, avec son frère Monsieur l'Abbé de Bonneval, leur faveur et bienveillance m'ayant donné le moyen d'estudier avec grand loisir, et grand repos, et d'apprendre avec facilité, et commodité beaucoup de choses, qui ne fussent jamais venües à ma cognoissance. Une partie de mes estudes s'est employée dans les Mathématiques, et j'ay travaillé entre autres dans l'Astronomie, et a la contemplation des mouvemens du ciel et desia j'ay mis au jour quelque ouvrage sur cette science, et j'en ay encores un tout prest a sortir, j'ay faict un recueil le plus grand qu'il m'a esté possible des observations anciennes....

Il habita l'hôtel de Thou jusqu'en 1649, sauf dans les années 1645-1647, consacrées à un voyage au Levant.

De 1650 à 1656 il fut l'hôte des frères Dupuy, à la bibliothèque royale, alors située rue de la Harpe; puis jusqu'à 1665 il revient chez Jacques-Auguste de Thou. Celui-ci, devenu ambassadeur de France en Hollande, l'emmena comme premier secrétaire, et c'est ainsi que Boulliau fit en 1661-1662 un voyage à Dantzig chez Hévélius, à Varsovie, etc.

Pour les années 1667 à 1670 je n'ai pu fixer son habitation; mais à partir de 1671 il habita le collège de Laon jusqu'en 1689, et c'est là qu'il fit les dernières observations que nous connaissions de lui (1684); du milieu de 1689 à sa mort, 14 septembre 1691, il vécut à Saint-Victor.

Les points où il dut faire la plus grande partie de ses observations sont donc l'hôtel de Thou, la bibliothèque royale et le collège de Laon.

*Hôtel de Thou.* — Cet hôtel, situé sur le côté nord de la rue des Poitevins,

---

([1]) *Manuscrits, Fonds français*, nos 13019..., 40 vol. numérotés aussi de I à XL.

([2]) Tome XXIV de sa correspondance, *F. fr.*, no 13042, fo 212.

et récemment démoli, se trouvait sur l'emplacement actuel de la rue Danton.

D'après l'Atlas municipal de 1880, ses coordonnées approximatives sont $375^m$ E — $1825^m$ N. On a donc pour ce point :

$$\Delta\mathfrak{L} = 0'\,18'',40 = 0^m\,1^s,23\ \mathrm{E};\qquad \Delta\varphi = +\,0'\,59'',09;\qquad \varphi = 48^\circ 51'\,10'',09.$$

*Bibliothèque royale.* — Cette bibliothèque, ramenée de Fontainebleau à Paris par Henri IV en 1595, fut placée quelque temps au collège de Clermont, puis dans la grande salle du cloître des Cordeliers vers 1604, et enfin installée vers 1620 dans une maison de la rue de la Harpe dépendant des mêmes religieux.

Le couvent des Cordeliers était limité vers l'Ouest, le Nord et le Nord-Est par les rues Monsieur-le-Prince, de l'Observance (aujourd'hui Ant. Dubois) et des Cordeliers dont il reste encore une partie sous le nom de rue de l'École-de-Médecine. La rue Racine, qui n'existait pas, a été tracée en partie sur les jardins du couvent.

La maison de la bibliothèque, avec pignon sur la rue de la Harpe, est marquée sur les plans de Gomboust (1652) et de Jouvin de Rochefort (1672), mais avec d'assez grandes différences : le dernier la fait beaucoup plus longue et à trois corps successifs, dont le moyen serait adossé au réfectoire des Cordeliers, aujourd'hui musée Dupuytren; tandis que Gomboust indique une maison AB, de 19 toises de long, assez étroite, allant du point A sur la rue de la Harpe côté ouest, en un point B touchant le réfectoire à l'Est. Cette maison, située en face du collège de Narbonne, avait au Sud un jardin qui la séparait du collège de Justice et au Nord, à quelques toises, l'église Saint-Côme, sur les rues des Cordeliers et de la Harpe.

Au point A les maisons du boulevard Saint-Michel actuel ont leurs façades sur l'emplacement même de celles de l'ancienne rue de la Harpe; et ce point A est à 20 toises du point de rencontre des rues de la Harpe et des Cordeliers; en reportant ainsi ce point sur les plans de Verniquet et sur l'Atlas de 1880 on a trouvé, pour ses coordonnées, respectivement

$$220^T,7 = 430^m,2\ \mathrm{E} - 784^T,0 = 1528^m,1\ \mathrm{N}\qquad \text{et}\qquad 420^m\ \mathrm{E} - 1533^m\ \mathrm{N}.$$

Le point B, à l'angle S-E du musée Dupuytren, a, sur l'atlas de 1880, les coordonnées $382^m,5$ E — $1547^m,5$ N.

Pour le point d'observation de Boulliau nous adopterons le milieu de AB, soit $401^m$ E — $1540^m$ N, de sorte que

$$\Delta\mathfrak{L} = 0'\,19'',67 = 0^m\,1^s,31\ \mathrm{E};\qquad \Delta\varphi = +\,0'\,49'',86;\qquad \varphi = 48^\circ 51'\,0'',86.$$

En somme cet observatoire se trouvait sur l'emplacement actuel de la rue Racine, dans le prolongement du côté sud du musée Dupuytren.

*Collège de Laon.* — Ce collège, encore figuré sur le plan de Verniquet sous le nom de Séminaire de Laon, était entre les rues des Carmes et de la Montagne-Sainte-Geneviève, derrière le couvent des Carmes, remplacé à peu près par le marché actuel. Comme les bâtiments étaient assez dispersés, nous prendrons le centre approximatif, qui se trouve à $432^{T}$ E — $730^{T}$ N, de sorte que

$$\Delta \mathcal{L} = 0'41'',31 = 0^{m}2^{s},75 \text{ E}; \quad \Delta\varphi = +0'46'',06; \quad \varphi = 48^{\circ}50'57'',06.$$

Pas plus que Boulliau, Gassendi n'indique non plus les points de Paris où il fait ses observations courantes; mais on sait que dès 1624 il se lia intimement avec François Luillier qui, jusqu'à sa mort (1652), fut son hôte à Paris. C'est même ainsi que Gassendi donna des leçons à Molière, lié avec le jeune Claude Chapelle, fils de F. Luillier; et il n'est pas douteux que Gassendi a presque toujours observé chez son ami, qui, nous le savons par la correspondance de Peiresc (P. — $C_1$, IV, 287), facilitait ses travaux autant qu'il le pouvait.

Luillier, très ami des lettres, possesseur d'une riche bibliothèque, mais faible de complexion, hérita de son père (1633) d'une charge de Maître des Comptes. D'abord il habitait dans la région du Pré aux Clercs, du faubourg Saint-Germain (P. — $C_2$, XVI, 1, 22); puis dans la première partie de 1634 il vint occuper l'appartement « où estoit le president Reboul contre l'hostel de Clugny du Nonce » (P. — $C_1$, VI, 698), où il se trouvait un peu plus près qu'auparavant des frères Dupuy (P. — $C_2$, XVI, 36), logés à la Bibliothèque royale de la rue de la Harpe.

En 1640 Luillier changea encore de logis (P. — $C_2$, XVI, 33), mais nous ne savons où il se transporta.

Après la mort de Luillier (1652) Gassendi fut l'hôte de H.-L. Habert de Montmort, dont l'hôtel se trouvait rue du Temple, en face la rue de Braque.

Ce dernier point et celui de l'hôtel de Cluny sont faciles à identifier. Quant au logis de Luillier avant 1634, nous sommes amené par ce qui précède à le placer vers le carrefour de Buci, dont les coordonnées sont $135^{m}$ E — $1925^{m}$ N, ce qui donne

$$\Delta \mathcal{L} = 0'6'',62 = 0^{m}0^{s},44 \text{ E}; \quad \Delta\varphi = +1'2'',32; \quad \varphi = 48^{\circ}51'13'',32.$$

Pour la période 1634-1640 nous adopterons les coordonnées mêmes de

l'Observatoire fondé plus tard à l'hôtel de Cluny, et qui d'après $T_2$, n° 58 (voir ci-après), sont $286^T,9$E — $803^T,0$N, d'où il résulte

$$\Delta\mathcal{L} = 0'27'',43 = 0^m 1^s,83\,\mathrm{E}; \quad \Delta\varphi = +0'50'',67; \quad \varphi = 48°51'1'',67.$$

*Hôtel Montmor.* — Cet hôtel, où plus tard eurent lieu les célèbres réunions qui furent le berceau de l'Académie des Sciences, et dont l'entrée existe encore, était situé rue du Temple, en face la rue de Braque. Il est figuré sur divers plans et en particulier sur le plan contemporain de J. Gomboust (1652), qui indique un assez grand jardin en arrière, c'est-à-dire vers l'Ouest. Le milieu du corps de bâtiment situé sur le jardin est indiqué à 17 toises de la rue; en portant cette donnée dans l'axe de la rue de Braque, sur l'Atlas de 1880, on obtient, pour le point correspondant, $1405^m$E — $2795^m$N, d'où il résulte

$$\Delta\mathcal{L} = 1'8'',93 = 0^m 4^s 60\,\mathrm{E}; \quad \Delta\varphi = +1'30'',49; \quad \varphi = 48°51'41'',49.$$

*Observatoire de Petit.* — Il était dans son hôtel situé rue Saint-Nicaise; cette rue était normale à la Seine et traversait l'emplacement actuel de la place du Carrousel.

Un seul plan de Paris, je crois, indique cet hôtel : c'est celui de Gomboust (1652) qui précisément avait beaucoup profité des conseils de Petit pour le dresser, ainsi qu'il résulte de la légende gravée sur le plan.

Appelons $A_1$ le centre du jardin de Petit, $A_2$ le centre de sa maison, et d'après Gomboust portons ces points sur celui de Verniquet, puis, d'après ce dernier, sur l'atlas de 1880. Pour cela je suis parti de la ligne OB coïncidant avec l'axe de la rue Richelieu, les points O et B étant respectivement les intersections de cet axe avec ceux des rues Saint-Honoré et des Petits-Champs. Désignons par $X_1$, $Y_1$; $X_2$, $Y_2$ les coordonnées rectangulaires de $A_1$, $A_2$ par rapport à OB. Dans la région considérée on passe des longueurs de Gomboust à celles de Verniquet en multipliant les premières par $f = 0,915$ et de celles de Verniquet à celle de l'Atlas de 1880 en les multipliant par 1,0125. On a alors les résultats suivants, où les nombres entre parenthèses sont déduits des autres, qui constituent les données :

| Plan. | OB. | $X_1$. | $Y_1$. | $X_2$. | $Y_2$. |
|---|---|---|---|---|---|
| | mm | mm | mm | mm | mm |
| Gomboust | 87,2 | 14,2 | 17,0 | 14,4 | 13,5 |
| Verniquet | 79,8 | (13,0) | (15,6) | (13,2) | (12,4) |
| Atlas municipal (1880) | (80,8) | (13,2) | (15,8) | (13,4) | (12,6) |

En prenant le point $A_2$ pour l'observatoire de Petit, et le rapportant

à la méridienne et à la perpendiculaire, on trouve, par Verniquet, $76^{T},9 = 149^{m},8$ O — $1510^{T},1 = 2943^{m},3$ N, et par l'Atlas municipal : $150^{m},0$ O — $2944^{m},0$ N, d'où il résulte

$$\Delta\alpha = 0'7'',36 = 0^{s},490; \quad \Delta\varphi = +1'35'',32; \quad \varphi = +48^{\circ}51'46'',32.$$

D'après cela, l'hôtel de Petit se trouvait sur l'emplacement actuel des bâtiments du Louvre, dans la partie qui longe la rue de Rivoli, vers le milieu de l'intervalle des rues Richelieu et de l'Echelle.

*Remarque.* — Les coordonnées que nous avons adoptées pour l'Obervatoire de l'hôtel de Cluny se trouvent dans les Tables suivantes, dont nous aurons plusieurs fois à faire usage, et que nous désignerons par les abréviations $T_1$, $T_2$, $T_3$ :

$T_1$. — *Table de la distance des principaux Clochers de Paris et de ses faubourgs* à la Méridienne et à la Perpendiculaire de l'Observatoire... (*Connaissance des Temps* de 1779 et années suivantes).

Cette Table ayant été modifiée dans la suite, nous adopterons celle de la *Connaissance des Temps* de 1784, p. 304-307, et nous la désignerons par l'abréviation $T_1$. Les points indiqués, au nombre de 107, seront désignés par leur numéro d'ordre. Voir un errata à la suite de $T_2$, ci-après, p. lxv.

$T_2$. — *Distances des principaux Clochers et autres objets remarquables de Paris* à la Méridienne et à la Perpendiculaire de l'Observatoire Royal en toises et en dixièmes de toise, calculées d'après les Observations de l'Abbé de la Caille, par M. de Lambre (*Éphémérides des mouvemens célestes*, t. VIII, pour 1785-1792; Paris, 1783, p. lxj — lxv).

Les points indiqués, au nombre de 130, seront aussi désignés par leur numéro d'ordre (abréviation pour cette Table : $T_2$).

$T_3$. — *Situation des principaux endroits de Paris et de ses environs* où l'on a fait des observations astronomiques.

Cette Table, qui sera désignée par $T_3$, se trouve répétée, avec des variantes, dans presque tous les volumes de la *Connaissance des Temps*, de 1768 à 1809; ensuite elle a été quelque temps fondue dans la Table générale des coordonnées géographiques.

Dans les volumes édités par Lalande et par Jeaurat, c'est-à-dire jusqu'à celui de 1787 inclus, quand cette Table $T_3$ est donnée, on rapporte les latitudes à la face *nord* de l'Observatoire, sans spécifier s'il s'agit de la face du bâtiment ou de celle de la tour ; puis Méchain les rapporte à la face sud, ainsi que le faisait déjà Cassini II

dès 1718 (*Mém. Acad.*, 1718, p. 253). Il y a de fortes raisons de croire que dans les volumes édités par Lalande et par Jeaurat, au lieu de face *nord*, on a voulu écrire face *sud*. (Voir Introd. de $T_2$, p. lx.)

Les distances du centre de l'Observatoire, de la face nord du bâtiment et de la face extérieure de la tour du nord à la face sud, sont respectivement de $14^m,80 - 24^m,60 - 32^m,40$. En appelant $\varphi_C$, $\varphi_{N'}$, $\varphi_N$ leurs latitudes et $\varphi_0$ celle de la face sud, on a donc :

$$\varphi_0 = 48°50'11'',00; \quad \varphi_C = \varphi_0 + 0'',48; \quad \varphi_{N'} = \varphi_0 + 0'',80; \quad \varphi_N = \varphi_0 + 1'',05.$$

THERMODYNAMIQUE. — *Sur la détermination de l'énergie libre par l'équation d'état de Clausius.* Note de M. E. Ariès.

Pour un corps pris sous son poids moléculaire, l'équation de Clausius peut s'écrire

$$(1) \qquad p = \frac{RT}{v-\alpha} - \frac{\varphi(T)}{(v+\beta)^2}.$$

Si la dernière des deux constantes $\alpha$ et $\beta$ est nulle et si la fonction $\varphi$ se réduit à une constante K, on obtient l'équation de Van der Waals.

L'équation (1) jouit d'une propriété remarquable qui est restée jusqu'ici inaperçue, croyons nous : c'est de donner très simplement l'expression de l'énergie libre I, en fonction de ses variables normales, le volume et la température; et l'on sait que cette énergie ainsi exprimée est l'une des quatre fonctions de Massieu, dont chacune suffit à déterminer toutes les propriétés d'un corps. On a, en effet,

$$-\left(\frac{\partial I}{\partial v}\right)_T = p = \frac{RT}{v-\alpha} - \frac{\varphi(T)}{(v+\beta)^2},$$

d'où l'on tire, en intégrant par rapport à $v$,

$$(2) \qquad -I = RT\log(v-\alpha) + \frac{\varphi(T)}{v+\beta} - \Phi,$$

$\Phi$ étant une fonction de la température, introduite par l'intégration, et que la théorie des gaz parfaits permet de déterminer.

Si l'on suppose, en effet, que le volume $v$ augmente progressivement à température constante, le corps tend à prendre l'état de gaz parfait, $\alpha$ finit par devenir négligeable par rapport à $v$, et la formule (2) se réduit à la

suivante, qui est bien celle que donne la théorie des gaz parfaits,

$$-\mathrm{I} = \mathrm{RT} \log v - \Phi.$$

On en tire successivement pour l'entropie S, et pour la capacité calorifique moléculaire à volume constant, qui est une même constante $c$ pour tous les gaz parfaits d'une même complexité moléculaire,

$$\mathrm{S} = -\left(\frac{\partial \mathrm{I}}{\partial \mathrm{T}}\right)_v = \mathrm{R}\log v - \frac{\partial \Phi}{\partial \mathrm{T}}, \qquad c = \mathrm{T}\left(\frac{\partial \mathrm{S}}{\partial \mathrm{T}}\right)_v = -\mathrm{T}\frac{\partial^2 \Phi}{\partial \mathrm{T}^2}.$$

Par l'intégration, à deux reprises, de la dernière équation, on obtient

$$-\frac{\partial \Phi}{\partial \mathrm{T}} = c \log \mathrm{AT}, \qquad -\Phi = c\mathrm{T}\log \mathrm{AT} - \mathrm{B}.$$

La valeur ainsi obtenue pour $\Phi$, transportée dans la formule (2), détermine complètement l'énergie libre d'un corps soumis à l'équation d'état (1). Il en résulte des conséquences importantes.

La formule (2) donne à son tour, par dérivation, pour l'entropie S et la capacité calorifique à volume constant $\mathrm{C}_v$ du corps,

$$(3) \qquad \mathrm{S} = -\left(\frac{\partial \mathrm{I}}{\partial \mathrm{T}}\right)_v = \mathrm{R}\log(v-\alpha) + \frac{\frac{\partial \varphi}{\partial \mathrm{T}}}{v+\beta} + c\log \mathrm{AT},$$

$$\mathrm{C}_v = \mathrm{T}\left(\frac{\partial \mathrm{S}}{\partial \mathrm{T}}\right)_v = \frac{\mathrm{T}\frac{\partial^2 \varphi}{\partial \mathrm{T}^2}}{v+\beta} + c.$$

Cette expression de $\mathrm{C}_v$ aurait pu faire prévoir, *a priori*, que l'équation de Van der Waals ne pouvait s'accorder avec les faits observés. Si, en effet, $\varphi$ se réduit, non seulement à une constante, mais encore à une forme linéaire de la température, $\frac{\partial^2 \varphi}{\partial \mathrm{T}^2}$ s'annule, et $\mathrm{C}_v$ devient invariable, conclusion évidemment inacceptable, sauf, peut-être, pour les corps monoatomiques.

L'application de la formule (3) à l'étude des fluides saturés est particulièrement intéressante. Si $\mathrm{S}_1$, $v_1$ et $\mathrm{S}_2$, $v_2$ représentent les entropies et volumes d'un corps à l'état de vapeur et à l'état liquide, sous les tensions P et T, la chaleur de vaporisation du liquide est égale à $\mathrm{T}(\mathrm{S}_1 - \mathrm{S}_2)$, d'où la formule qui fait connaître la chaleur de vaporisation L,

$$(4) \qquad \frac{\mathrm{L}}{\mathrm{T}} = \mathrm{S}_1 - \mathrm{S}_2 = \mathrm{R}\log\frac{v_1-\alpha}{v_2-\alpha} + \frac{\partial \varphi}{\partial \mathrm{T}}\left(\frac{1}{v_1+\beta} - \frac{1}{v_2+\beta}\right).$$

$v_1$, $v_2$ et P sont déterminés en fonction de la température par les trois

relations connues

$$(5)\qquad \frac{P}{(v_1-\alpha)(v_2-\alpha)-(\alpha+\beta)^2} = \frac{\varphi(T)}{(v_1+\beta)^2(v_2+\beta)^2} = \frac{RT}{(v_1-\alpha)(v_2-\alpha)(v_1+v_2+2\beta)},$$

$$(6)\qquad \frac{1}{v_1-v_2}\log\frac{v_1-\alpha}{v_2-\alpha} = \frac{(v_1-\alpha)(v_2-\alpha)-(\alpha+\beta)^2+(v_1+\beta)(v_2+\beta)}{(v_1-\alpha)(v_2-\alpha)(v_1+v_2+2\beta)},$$

que l'on ne sait malheureusement pas résoudre par rapport aux inconnues $v_1$, $v_2$ et P. Mais Clausius a construit une Table qui convient à toutes les équations d'état de la forme (1), et qui pare à cette difficulté ([1]).

Si l'on pose, avec $\alpha+\beta=\gamma$,

$$(7)\qquad x=\frac{27}{8}\frac{\gamma RT}{\varphi(T)},\qquad y=\frac{v-\alpha}{\gamma},\qquad z=\frac{8\gamma p}{RT},$$

les valeurs de $\varphi(T)$, $v-\alpha$, $v+\beta$ et $p$, tirées de ces relations et transportées dans l'équation (1), la transforment en l'équation suivante, purement numérique, et qu'on appelle l'*équation d'état réduite*,

$$z=\frac{8}{y}-\frac{27}{x(y+1)^2}.$$

Cette équation conduit à la notion des *états correspondants*, imaginée par Van der Waals. Les états correspondants de plusieurs corps sont définis par une seule et même valeur des *variables réduites* $x$, $y$, $z$. Au point critique pour lequel $x=1$, $y=2$, $z=1$, tous les corps soumis à l'équation (1) sont à des états correspondants.

Pour un fluide saturé, si l'on représente par Z ce que devient $z$, et par $y_1$ ou $y_2$ ce que devient $y$ suivant que ce fluide est à l'état de vapeur ou à l'état liquide, les relations (7) donnent

$$v_1-\alpha=\gamma y_1,\qquad v_1+\beta=\gamma(y_1+1),$$
$$v_2-\alpha=\gamma y_2,\qquad v_2+\beta=\gamma(y_2+1),\qquad P=\frac{RTZ}{8\gamma}.$$

Et les équations (5) et (6) deviennent

$$Z=8\frac{y_1y_2-1}{y_1y_2(y_1+y_2+2)},\qquad x=\frac{27}{8}\frac{y_1y_2(y_1+y_2+2)}{(y_1+1)^2(y_2+1)^2},$$
$$\frac{1}{y_1-y_2}\log\frac{y_1}{y_2}=\frac{2y_1y_2+y_1+y_2}{y_1y_2(y_1+y_2+2)}.$$

Ces équations ne peuvent non plus se résoudre, en fonction de la température

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 5e série, t. 30, p. 433 à 451; *Comptes rendus*, t. 93, 1881, p. 619. — SARRAU, *Introduction à la théorie des explosifs*, p. 53 à 58.

réduite $x$, par rapport à Z, $y_1$ et $y_2$. Le mieux est de recourir à une variable auxiliaire $\lambda$, convenablement choisie, et de poser, comme l'a fait Clausius,

$$\lambda = \log \frac{y_1}{y_2},$$

ce qui lui a permis d'exprimer les quatre variables $x$, $y_1$, $y_2$ et Z en fonction de $\lambda$, et de construire la Table très précieuse dans laquelle, vis-à-vis des valeurs croissantes de $x$ entre zéro et l'unité, sont inscrites les valeurs correspondantes de $\lambda$, $y_1$, $y_2$ et Z.

La formule (4) peut alors s'écrire

$$\frac{L}{T} = R\lambda + \frac{1}{\gamma}\frac{\partial\varphi}{\partial T}\left(\frac{1}{y_1+1} - \frac{1}{y_2+1}\right) \tag{8}$$

et la chaleur de vaporisation sera très facilement calculée pour une température donnée, à l'aide de la Table de Clausius. La valeur de cette température, transportée dans la première équation (7), donne $x$; et pour cette valeur de $x$, la Table de Clausius fait connaître sans calculs $\lambda$, $y_1$ et $y_2$.

Si la fonction $\varphi$ est remplacée par une constante, comme dans l'équation de Van der Waals, la formule (8) prend la forme très simple

$$L = \lambda RT,$$

la valeur de $\lambda$ étant, d'après la première équation (7), celle qui correspond à la température réduite $x = \frac{T}{T_c}$, en sorte que la seule connaissance de la température critique $T_c$ du corps suffit à déterminer sa chaleur de vaporisation à toute température.

Il eût été curieux de vérifier si cette formule peut convenir aux corps monoatomiques qui sont ceux se rapprochant le plus des considérations d'ordre mécanique qui ont guidé le savant hollandais dans l'établissement de sa célèbre équation. Mais il n'existe, croyons-nous, aucune donnée expérimentale sur la chaleur de vaporisation des corps classés comme monoatomiques.

Cependant, le *Recueil des Constantes physiques* de la Société française de Physique relate d'autres expériences qui peuvent jeter quelque lumière sur cette question. On y trouve (p. 284 et 285) la tension de la vapeur saturée des gaz monoatomiques : argon (12 observations), xénon (14 observations), hélium (5 observations). D'ailleurs, les températures et pressions critiques, $T_c$ et $P_c$, de ces trois gaz sont connues. La dernière des

formules (7) donne pour l'un d'eux

$$Z=\frac{8\gamma}{R}\frac{P}{T}, \qquad 1=\frac{8\gamma}{R}\frac{P_c}{T_c}, \qquad P=\frac{P_c}{T_c}TZ.$$

Pour chaque température observée T, on cherchera dans la Table de Clausius la valeur de Z correspondant à la valeur de $x=\frac{T}{T_c}$, et on la transportera dans la dernière des équations ci-dessus, ce qui donnera la tension de la vapeur saturée du corps à la température T. Il s'agit de savoir si les valeurs ainsi calculées concordent ou non avec les valeurs observées.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Écrouissage et dilatabilité de l'invar.* Note de M. **Ch.-Éd. Guillaume.**

Les fils géodésiques, enroulés, pour leur conservation ou pour leur tranport, en une couronne dont le diamètre réglementaire est de $500^{mm}$, sont, pour les mesures sur le terrain ou les vérifications au laboratoire, soumis à une tension de 10 kg-force aussi longtemps que leur longueur n'excède pas une cinquantaine de mètres, et à une tension double pour les fils les plus longs prévus dans le matériel normal (¹).

Pour ces fils, M. Jäderin a adopté le diamètre de $1^{mm},65$, qui a été conservé. Afin de rester le plus loin possible de la déformation permanente, on donne aux fils, dès leur tréfilage, un diamètre naturel d'enroulage voisin de $800^{mm}$. Dans ces conditions, un fil d'invar peut subir, tout en restant largement dans les limites de la déformation élastique, les deux opérations inverses de l'enroulage et de la rectification sous les tractions usitées dans le matériel normal.

En rectifiant le fil, on met en extension la fibre interne de la couronne d'enroulage, tandis que la fibre externe est mise en compression. Si, de plus, le fil est soumis à une traction croissante, la fibre externe passe de la compression à l'extension. Aussi longtemps que la déformation reste élastique, il semble qu'on puisse appliquer aux fibres extrêmes les formules élémentaires ci-après :

---

(¹) Dans la mesure que nous avons faite, M. Benoît et moi, avec la coopération de MM. Escande et Vernier, de la distance de deux points repérés sur les rives opposées de la Rance, nous avons été conduits, pour éviter des flèches impraticables, à soumettre à une traction de $50^{kg}$ le fil, de $168^{m}$, dont nous nous sommes servis. Mais l'emploi d'une longueur de fil aussi considérable restera très exceptionnelle.

Soient $R_1$ et $R_2$ deux rayons d'enroulage, $\omega_1$, $\omega_2$ les angles correspondants pour une longueur $l$ prise sur l'axe du fil, de rayon $r$; $\Delta_1 l$, $\Delta_2 l$ les déformations des fibres extrêmes. On peut écrire :

$$l + \Delta_1 l = (R_1 + r)\,\omega_1, \qquad l + \Delta_2 l = (R_2 + r)\,\omega_2.$$

d'où

$$\frac{\Delta_1 l - \Delta_2 l}{l} = r\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right).$$

Cette quantité est l'amplitude de la déformation relative des fibres extrêmes.

Partons d'un rayon naturel d'enroulage, pour rectifier le fil ($R_1 = R$, $R_2 = \infty$), puis appliquons une traction $f$. La déformation de la fibre interne sera

$$\frac{\Delta l}{l} = \frac{r}{R} + \frac{f}{\pi r^2 E},$$

E étant le module d'élasticité de la matière du fil, soit pour l'invar écroui, 16000 kg-force : mm². Pour un fil du diamètre normal, dont la forme naturelle est celle d'une couronne de 800mm de diamètre, les déformations extrêmes résultant de ces formules sont les suivantes :

| Opération. | Déformations extrêmes. |
|---|---|
| Enroulage sous 500mm | 0,0016 |
| Rectification | 0,0020 |
| » et traction 10 kg-force | 0,0023 |
| » » 20 » | 0,0026 |
| ...... | ...... |

J'ai cherché à rapprocher ces résultats de ceux de deux séries d'expériences : enroulage et détente spontanée, et rectification sous traction.

Dans les premières, un fil a été enroulé sur des diamètres de plus en plus petits, puis abandonné de façon à lui permettre de reprendre sa nouvelle forme naturelle. Les diamètres d'enroulage et de détente correspondants conduisent à admettre les déformations limites des fibres extrêmes données ci-après à titre d'exemple (fil modérément écroui) :

| Diamètre d'enroulage. | Diamètre de détente. | Déformations extrêmes. |
|---|---|---|
| mm 350 | mm 820 | 0,0027 |
| 300 | 770 | 0,0033 |
| 250 | 760 | 0,0042 |
| 200 | 497 | 0,0049 |
| 150 | 330 | 0,0060 |
| 100 | 190 | 0,0078 |

Ainsi, à mesure que diminue le diamètre d'enroulage forcé, le diamètre de détente se fixe à une valeur qui accroît de plus en plus l'écart des déformations extrêmes. On ne peut donc pas, d'un enroulage sur un faible diamètre, conclure à la possibilité de soumettre un fil à une rectification et à une traction déterminées sans déformation permanente. La limite de cette déformation apparaîtrait beaucoup trop élevée.

Toutefois, si l'on s'en tient aux données obtenues par les enroulages sur les plus grands diamètres, et qui, en conséquence, se rapprochent le plus de celles qui sont portées au premier Tableau, on voit qu'un fil du diamètre naturel d'enroulage admis pour le calcul, rectifié sous une traction de $20^{kg}$, ne doit pas éprouver de déformation permanente, tandis que cette déformation doit commencer à apparaître pour une traction un peu plus forte. L'expérience a montré, en effet, que, sous une charge de $30^{kg}$, des allongements permanents de l'ordre du millionième apparaissent au bout de quelques heures pour les fils mi-durs (1).

L'enroulage et la détente sous de grands diamètres sont difficiles à réaliser et à observer correctement; j'ai donc préféré, pour établir la qualité des fils et constituer un *critérium relatif d'écrouissage*, enrouler le fil sur un diamètre de $100^{mm}$, puis l'abandonner à lui-même. L'expérience a montré que, s'il s'étend à $180^{mm}$, il est juste suffisant; à $200^{mm}$, il est bon; à partir de $220^{mm}$, il est excellent. Un fil d'invar carburé à 0,22 pour 100 et fortement écroui a atteint $300^{mm}$.

L'application de la méthode a montré qu'un fil écroui par tréfilage à partir d'une tige recuite se durcit plus que si l'on part d'une tige trempée, cette dernière opération laissant sa trace même après que le tréfilage a plus que doublé la longueur primitive.

Le durcissement se produit assez rapidement; ainsi, tandis que, pour des fils trempés ou recuits, le diamètre de détente a été trouvé compris entre $125^{mm}$ et $130^{mm}$, on atteignait déjà $185^{mm}$ après un allongement à la filière de 20 pour 100, et $208^{mm}$ après un allongement de 60 pour 100 pour un fil recuit; pour un fil de la même coulée trempé avant étirage, on n'a pas dépassé $185^{mm}$.

L'étuvage à 100° ne modifie pas de façon appréciable la valeur du diamètre de détente; il semble qu'un étuvage à 200° l'augmente légèrement, ce qui n'est pas contradictoire avec certains phénomènes que présentent

(1) J.-René Benoît et Ch.-Ed. Guillaume, *La mesure rapide des Bases géodésiques*, p. 104 (Gauthier-Villars, 1908).

les aciers. Or nous avons vu (¹) qu'un étuvage à 100° diminue de $0,62.10^{-6}$, c'est-à-dire de 43 pour 100 de sa valeur, l'abaissement de la dilatation produit par le tréfilage à partir de la valeur correspondant à l'invar naturel. On peut donc dire que, s'il est vrai que l'écrouissage abaisse la dilatation de l'invar, la dureté de l'alliage, déterminée par sa limite élastique, n'est pas le seul facteur qui intervienne pour établir la valeur de la dilatabilité.

Pourtant, sur des échantillons soumis au même étuvage, on a relevé une correspondance qui semble assez nette entre les deux propriétés. L'expérience a porté sur six fils de la même coulée prélevés sur des bottes différentes, dont les dilatabilités vraies et les diamètres d'extension étaient les suivants :

| Diamètres. | | Dilatabilités. | |
|---|---|---|---|
| 193 mm | 194 mm | $+0,120.10^{-6}$ | $+0,081.10^{-6}$ |
| 198 | | +0,042 » | |
| 200 | 203 | −0,017 » | +0,018 » |
| 207 | | +0,054 » | |
| 209 | 211 | −0,033 » | −0,010 » |
| 213 | | +0,012 » | |

La marche conjointe des deux propriétés, insuffisamment apparente dans les nombres isolés, est bien évidente dans les moyennes faites deux à deux.

Ainsi, le durcissement de l'alliage, tel qu'il ressort des mesures faites par le procédé indiqué ci-dessus, possède un effet très réel sur la dilatabilité de l'invar; mais l'écrouissage provoque une autre modification, indépendante de la dureté apparente, et que seule la mesure de la dilatabilité permet de constater.

On pourrait penser, par exemple, que les transformations desquelles dépend l'anomalie des aciers au nickel, se produisent autour de noyaux, que le recuit agglomère, alors que la trituration mécanique de l'alliage les répartit dans la masse. Les transformations devront être d'autant plus rapides que les noyaux sont en plus grand nombre; l'action de l'écrouissage sur la dilatation est de même nature que celle de la trempe et peut s'y superposer.

---

(¹) *Modifications de la dilatabilité de l'invar par des actions mécaniques ou thermiques* (*Comptes rendus*, t. 163, 1916, p. 654).

CHIMIE. — *Sur l'oxydation des houilles.*
Note de MM. **Georges Charpy** et **Marcel Godchot**.

Dans son étude bien connue sur les pouvoirs calorifiques des combustibles, M. Mahler a indiqué que certaines houilles, maintenues à 120° au contact de l'air, s'oxydaient avec augmentation de poids et diminution de pouvoir calorifique. Au cours de recherches sur quelques charbons du centre de la France, nous avons eu l'occasion de revenir sur ce phénomène et de faire à son sujet un certain nombre de déterminations qu'il peut y avoir quelque intérêt à rassembler.

Les essais ont porté principalement sur des charbons provenant des mines de Saint-Éloy (Puy-de-Dôme), de Noyant et des Ferrières (Allier).

Quand on chauffe ces charbons à 100°, on constate d'abord une diminution de poids due à l'évaporation de l'eau; au bout de 3 heures environ, la dessiccation est complète et, si l'on prolonge le chauffage, on observe que le poids non seulement ne diminue plus, mais augmente graduellement. L'augmentation, toujours peu rapide, se ralentit peu à peu et devient pratiquement nulle après 2 mois et demi à 3 mois de chauffage (l'augmentation totale est alors comprise entre 3 et 5 pour 100); à des températures différentes, mais inférieures à 150°, le phénomène est le même; seule la vitesse d'oxydation augmente un peu quand la température s'élève; à partir de 150° environ, le phénomène change et l'on voit apparaître un dégagement d'anhydride carbonique avec diminution continue de poids du combustible.

Les houilles oxydées donnent toutes, avec une solution de potasse, la coloration brune que l'on considère comme caractérisant les matières ulmiques. Leur pouvoir calorifique est considérablement réduit.

Nous rapporterons ici les résultats d'une série d'essais effectués sur 14 échantillons de houilles, soit à l'état naturel, soit après trois mois de chauffage au contact de l'air, à l'étuve à eau de Gay-Lussac. Sur chacun de ces échantillons, on a déterminé l'humidité par dessiccation dans le vide pour la comparer à la perte de poids après quelques heures de chauffage, la teneur en cendres et en matières volatiles, suivant les techniques ordinairement adoptées dans les essais de combustibles; on a déterminé aussi les pouvoirs calorifiques par combustion dans la bombe calorimétrique.

Les résultats obtenus sont résumés dans le Tableau suivant :

| Nos. | Désignation des échantillons. | Humidité par dessiccation dans le vide. | Perte de poids après 3 heures de chauffage à 100°. | Augmentation de poids après chauffage à 100° pendant 3 mois. | Cendres sur charbons | | Matières volatiles sur charbons | | Pouvoir calorifique sur charbons | | Pc.te de pouvoir calorifique. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | naturels. | oxydés. | naturels. | oxydés. | naturels. | oxydés. | |
| | | Pour 100. | Pour 100. | Pour 100. | Pour 100. | Pour 100. | Pour 100. | Pour 100. | Par kg. | Par kg. | Pour 100. |
| 1. | St-Éloy | 4,88 | 4,75 | 4,09 | 13,00 | 12,75 | 33,15 | 32,15 | 7073 | 6456 | 8,74 |
| 2. | » | 4,64 | 4,53 | 4,74 | 16,00 | 16,75 | 32,40 | 31,50 | 6578 | 5811 | 11,66 |
| 3. | » | 4,78 | 4,63 | 4,29 | 15,00 | 14,75 | 27,92 | 27,08 | 6560 | 6476 | 2,80 |
| 4. | » | 4,60 | 4,32 | 3,80 | 26,50 | 26,50 | 30,17 | 29,06 | 6066 | 5763 | 4.99 |
| 5. | » | 5,40 | 4,89 | 3,86 | 33,00 | 32,25 | 30,05 | 28,10 | 5454 | 5150 | 5,75 |
| 6. | » | 4,80 | 4,80 | 4,31 | 14,00 | 13,00 | 32,20 | 31,90 | 6960 | 6462 | 7,15 |
| 7. | » (charbon lavé) | 5,22 | 4,94 | 3,23 | 16,50 | 15,00 | 31,85 | 30,85 | 6567 | 6145 | 7,83 |
| 8. | » » | 5,16 | 4,89 | 3,86 | 21,75 | 19,50 | 31,60 | 34,60 | 6460 | 5945 | 7,97 |
| 9. | » (briquettes) | 4,84 | 4,81 | 2,95 | 13,50 | 13,35 | 33,25 | 32,05 | 7096 | 6588 | 7,15 |
| 10. | Ferrières | 2,82 | 2,92 | 4,45 | 21,75 | 19,00 | 23,67 | 24,40 | 6815 | 6324 | 7,20 |
| 11. | » | 2,72 | 2,65 | 4,29 | 13,00 | 13,50 | 24,75 | 25,00 | 7617 | 6625 | 13,01 |
| 12. | » | 3,66 | 3,60 | 4,45 | 21,00 | 18,50 | 25,40 | 24,60 | 7317 | 6730 | 8,02 |
| 13. | Noyant | 4,64 | 4,52 | 4,83 | 11,75 | 11,50 | 28,80 | 28,45 | 7345 | 6859 | 6,61 |
| 14 | » (charbon lavé) | 4,56 | 4,53 | 4,45 | 19,50 | 18,25 | 25,00 | 26,75 | 7131 | 6159 | 13,63 |

De l'examen de ces chiffres, on peut déduire les conclusions suivantes :

1° La perte de poids après chauffage à 100° pendant 3 heures est pratiquement identique à la perte de poids par dessiccation dans le vide à la température ordinaire et représente bien, par suite, l'humidité contenue dans le charbon;

2° L'augmentation de poids produite par oxydation prolongée à 100° varie de 3 à 5 pour 100 environ du poids initial du charbon;

3° La diminution du pouvoir calorifique produite par oxydation à 100° varie de 3 à 13 pour 100;

4° Les teneurs en cendres et en matières volatiles ne sont pas modifiées d'une façon notable par l'oxydation prolongée.

Si l'on remarque que l'oxydation se produit souvent en pratique dans les charbons conservés en tas et commence même parfois dans la mine, on est amené à conclure qu'on peut s'exposer à de graves erreurs en appréciant la valeur d'un charbon uniquement d'après les teneurs en cendres et en matières volatiles, comme on le fait souvent. Ainsi, les deux échantillons n° 11 ont respectivement, comme teneurs en cendres, 13 et 13,50, et en matières volatiles 24,75 et 25; ils paraîtraient donc identiques, alors que leurs pouvoirs calorifiques 7617 et 6625 diffèrent de $991^{\mathrm{cal}}$, soit 13 pour 100.

Il est donc indispensable de déterminer directement les pouvoirs calorifiques des charbons.

## CORRESPONDANCE.

MM. G. Darmois, O. Laurent, Maurice Letulle, André Mayer et Schæffer adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

M. Henry Bourget adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux et pour les deux subventions qui lui ont été accordées sur la *Fondation Loutreuil*.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la correspondance :

*Méthode de traitement des fractures*, par le professeur Pierre Delbet, avec la collaboration de MM. Marchak (*Jambe*), Mossé et Lamare (*Bras*). (Présenté par M. Ch. Richet.)

ÉLASTICITÉ. — *Formules de la plaque mince encastrée sur un contour rectangulaire plan.* Note de M. **Mesnager**, transmise par M. A. Blondel.

J'ai donné récemment la formule des déplacements verticaux de cette plaque dans le cas d'une charge uniforme $\varpi$ par unité de surface ([1]). Dans le cas d'une charge P concentrée au centre, l'origine étant à l'angle, la formule est

$$w = \frac{P}{ab}\,\frac{1-\eta^2}{\pi^4 \mathrm{EI}} \sum_{i=1}^{i=\infty} \sum_{j=1}^{j=\infty} \frac{\left(1-\cos\frac{2i\pi x}{a}\right)\left(1-\cos\frac{2j\pi y}{b}\right)}{3\left(\frac{i}{a}\right)^4+3\left(\frac{j}{b}\right)^4+2\frac{i^2}{a^2}\frac{j^2}{b^2}},$$

$i$ et $j$ étant des nombres impairs et les autres quantités ayant le même sens que précédemment.

Avant d'établir cette dernière formule, je compléterai ma Communication précédente par la remarque suivante que je n'avais pu mettre faute de place. La méthode de Ritz n'aboutit qu'à condition que la formule (1), dont on est parti, soit la formule générale de toutes les surfaces des déplacements $w$ qui satisfont aux conditions aux limites. J'avais bien montré que la formule employée satisfait aux conditions aux limites, il reste à montrer sa généralité. On peut y parvenir de la façon suivante : L'identité qui donne le développement en série de Fourier de toutes les fonctions périodiques $w$, comprenant une période complète de $x=-\frac{a}{2}$ à $x=+\frac{a}{2}$, l'origine étant au centre, est

$$w = \mathrm{A} + \Sigma\left(\mathrm{A}_m \cos\frac{2m\pi x}{a} + \mathrm{B}_m \sin\frac{2m\pi x}{a}\right),$$

si la fonction doit être paire et de plus s'annuler pour $x=\pm\frac{a}{2}$, elle se réduit à

$$w = \Sigma\,\mathrm{A}_m\left[(-1)^{m+1} + \cos\frac{2m\pi x}{a}\right].$$

Dans le cas de fonction de $x$ et de $y$, ceci est le développement pour une

([1]) *Comptes rendus*, t. 163, 1916, p. 661. — Une erreur typographique a remplacé, dans le second crochet de la formule, page 661, le signe + par =. Également, page 663, à la fin de la sixième ligne, il faut supprimer « $\varpi$, ».

valeur déterminée de $y$; en développant $A_m$, qui est fonction de $y$, on obtient l'expression générale indiquée.

*Cas de la charge concentrée* P. — Si je considère une plaque indéfinie portant sur des droites parallèles à $Oy$, espacées de $a$, $x = \pm ak$ et des droites parallèles à $Ox$, espacées de $b$, $y = \pm bk'$; puisque j'applique des charges P placées à tous les points compris dans les formules

$$x = \pm x' \pm 2ka, \qquad y = \pm y' \pm 2k'b;$$

par raison de symétrie, j'obtiendrai des tangentes horizontales sur toutes les droites d'appui. La partie de cette plaque où $0 < x < a$, $0 < y < b$ supportera une charge unique en un point quelconque et sera encastrée sur tout son pourtour.

La forme générale des $w$ pour $y =$ const. sera, en considérant la période de $-a$ à $+a$,

$$w = A + \Sigma\left(A_m \cos\frac{m\pi x}{a} + B_m \sin\frac{m\pi x}{a}\right).$$

La fonction devant être paire, d'après la considération de la plaque indéfinie, $B_m = 0$, et $w$ devant être nul pour $x = 0$ et $x = a$, il faut

$$A + \Sigma A_p = 0 \qquad \text{et} \qquad A_i = 0,$$

$p$ étant un nombre pair; donc, si la charge est au centre, ce qui supprime les termes dissymétriques en $A_i$, on obtient l'expression générale

$$(a) \qquad w = \Sigma\Sigma A_{pq}\left(1 - \cos\frac{p\pi x}{a}\right)\left(1 - \cos\frac{q\pi y}{b}\right).$$

Écrivons, suivant la méthode de Ritz, que l'expression

$$(b) \qquad P\,w(x', y') - \frac{1}{2}\,\frac{EI}{(1-\eta^2)}\int\int(\Delta w)^2\,dx\,dy$$

est maximum quand les paramètres $A_{pq}$ varient. Pour cela, égalons les dérivées des deux membres par rapport à chacun des paramètres. Il vient $pq$ équations dans lesquelles $x' = \frac{a}{2}$, $y' = \frac{b}{2}$,

$$P\left(1 - \cos\frac{p\pi x'}{a}\right)\left(1 - \cos\frac{q\pi y'}{b}\right) = \frac{EI}{1-\eta^2}\,\frac{\pi^4 ab}{4}\,A_{pq}\left[\left(\frac{p^2}{a^2} + \frac{q^2}{b^2}\right)^2 + 2\left(\frac{p}{a}\right)^4 + 2\left(\frac{q}{a}\right)^4\right].$$

En remplaçant $A_{pq}$ par cette valeur dans l'expression $a$, en posant $p = 2m$, $q = 2n$ et remarquant que les termes, où $m$ ou $n$ est pair, s'annulent, on obtient l'expression annoncée.

La solution ci-dessus suppose la convergence de toutes les séries utilisées. On démontre facilement que, lorsque $a$ et $b$ sont finis, les termes des séries de la forme trouvée pour $w$ sont absolument convergentes quand le degré du dénominateur est $> 2$. Car le terme général est inférieur à des termes dans un rapport fini, inférieur à une valeur fixe, avec $(p+q)^{-4}$. En réunissant les termes pour lesquels $p+q =$ const., on arrive à des sommes dont la plus grande est dans un rapport fini, inférieur à une valeur fixe, avec $(p+q)^{-3}$. La série $\Sigma u^{-3}$ est absolument convergente ainsi que sa dérivée, donc celles qui forment $w$ et les dérivées premières de $w$ le sont. On voit facilement qu'il en est de même du second terme de ($b$) après la substitution de la série. Le raisonnement fait dans ma précédente Communication (p. 663) montre que cette série ne peut différer de la quantité qu'on a cherché à représenter. Il est légitime de dériver une fois, les coefficients sont donc rigoureusement déterminés.

Si l'on calcule la flèche au centre, on voit qu'elle est formée d'une série à termes tous positifs comme dans le cas de la plaque uniformément chargée et identiques. Le facteur $P : ab$ est remplacé par $\varpi : 4$ dans le cas de la charge uniforme, la flèche au centre est donc quatre fois plus grande, quand la charge y est concentrée, que lorsqu'elle est répartie sur toute la plaque (comme dans la plaque circulaire encastrée) (¹). Il résulte des études de Navier et de Saint-Venant que, dans le cas des plaques rectangulaires posées, ce rapport est seulement $\frac{\pi^2}{4} = 2,4674$.

*Remarque.* — Les termes des séries relatives à la plaque rectangulaire encastrée, soit qu'elle soit uniformément chargée, soit qu'elle soit chargée d'un poids unique, sont tous positifs puisque tout cosinus est inférieur en valeur absolue à l'unité; donc tous les points se déplacent dans le sens d'action de la charge.

---

(¹) Note par de Saint-Venant dans la traduction de l'*Élasticité*, de Clebsch, p. 738 (Dunod, 1883).

PHYSIQUE. — *Un effet nouveau, relatif à la thermo-électricité et à la conductibilité thermique des métaux.* Note de M. **Carl Benedicks**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

1. Par des raisons théoriques intimement liées à l'hypothèse d'agglomération ([1]), je suis arrivé à la conclusion que la déduction bien connue de la loi de Wiedemann-Franz faite par Drude n'est pas admissible, opinion partagée par d'autres physiciens, et que la proportionnalité entre les conductibilités thermiques et électriques, qu'énonce cette loi, doit être rattachée à ce que, dans un métal homogène, chauffé inégalement, de forts courants électriques prennent naissance et occasionnent, par l'effet Thomson, un transport de chaleur très considérable. Cette conclusion, absolument contraire à la supposition fondamentale qu'aucuns courants thermo-électriques ne sont mis en jeu dans des métaux homogènes (Matteucci, Magnus, W. Thomson, F. Braun), a été soumise au contrôle de recherches expérimentales, qui me permettent, dès maintenant, d'affirmer son exactitude. Voici les points les plus importants.

2. *La conductibilité thermique des métaux n'est point indépendante*, comme on l'a supposé jusqu'ici, *des dimensions de l'échantillon*. Ainsi, en comparant la conductibilité thermique d'un faisceau composé de 1755 fils de cuivre isolés à l'émail d'un diamètre de $0^{mm},070$ ([2]) à celle d'un cylindre homogène et massif de la même section qui, par conséquent, donnait strictement la même conductibilité électrique, j'ai pu constater que *le faisceau conduit la chaleur considérablement moins bien que le cylindre massif*. La différence, constatée au moyen d'un pont Wheatstone thermique, est si considérable, qu'elle se démontre facilement au moyen d'une méthode de démonstration classique : en soudant un faisceau comme celui qui vient d'être indiqué et un cylindre massif de la même conductibilité électrique, d'un côté à un bloc de cuivre qu'on chauffe, de l'autre côté à deux cylindres de cuivre identiques enduits de $Cu^2HgJ^4$ (qui change du rouge au noir à $+71°$ C.), on a constaté une différence constante d'environ $12^{mm}$ des isothermes de 71°, le faisceau étant en retard.

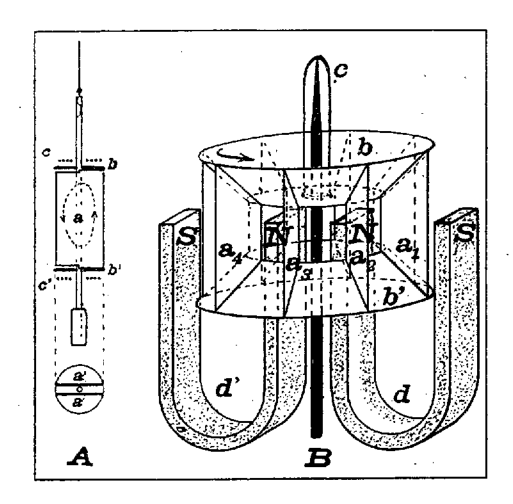
([1]) C. Benedicks, *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 1526; *Ann. d. Physik*, 4e série, t. 42, 1913, p. 133.

([2]) On s'est servi d'un câble finement divisé qui est employé pour la construction des étalons de self-induction.

Ceci fait voir que la *loi de Wiedemann-Franz n'a pas de validité lorsqu'on subdivise le métal,* de manière à affaiblir les courants électriques qui prennent naissance dans un métal homogène chauffé inégalement.

3. On a pu prouver directement, de différentes manières, l'existence de ces courants.

A. On suspend dans un champ magnétique horizontal un équipage en cuivre (Kahlbaum), composé de deux rectangles $a$, $a'$ (*fig.* A) qui, à droite de la ligne centrale,




sont soudés aux disques circulaires $b$, $b'$, tandis que les moitiés à gauche en sont isolées. En chauffant, par un fil fixe $c$ traversé d'un faible courant électrique, le disque supérieur ($b$), on constate, au moyen d'un miroir, une déviation qui correspond à un courant thermo-électrique circulant dans $a$, $a'$ dans une direction telle que, par l'effet Thomson, la conductibilité thermique apparente est augmentée. En chauffant par $c'$, le sens de la déviation est renversé; de même en renversant le champ magnétique, etc. La déviation due aux courants d'air (dans le champ nul) est insensible, grâce à la symétrie de l'équipage.

En remplaçant le cuivre par un équipage en constantan, on trouve une déviation du sens opposé, et beaucoup plus forte (par exemple de $250^{mm}$, à une distance miroir-échelle de $1000^{mm}$).

Avec un équipage en plomb, aucune déviation ne peut être constatée.

Ces observations sont exactement de l'ordre de grandeur qu'on doit trouver pour un effet qui est le renversement de l'effet Thomson. (Coefficients Thomson : cuivre $+0,38$; constantan $-5,50$; plomb $0,0$ microcal. par coul.)

B. Dans l'appareil classique pour la démonstration de l'effet Seebeck on a remplacé le circuit hétérogène par un circuit homogène en cuivre subdivisé (1500 fils de $0^{mm},07$), tout en conservant le système astatisé sur son pivot. En chauffant l'une des soudures

du circuit homogène mais asymétrique, *on a constaté des déviations s'élevant à 25° environ* (une fraction minime peut tenir à des différences entre les deux échantillons de cuivre employés).

C. L'effet est si fort que j'ai pu construire *un moteur thermique* basé sur ce nouvel effet.

Des lamelles de cuivre (Kahlbaum, épaisseur $0^{mm},10$) $a_1, a_2, \ldots, a_8$ (*fig.* B) sont soudées aux anneaux (de la même matière) $b$ et $b'$; $b$ est supporté par un tube de verre fermé $c$ qui peut tourner sur un pivot. $d, d'$ sont deux aimants disposés symétriquement des deux côtés de l'axe. Si l'on chauffe $b$ légèrement, par exemple par le rayonnement d'une lampe Nernst approchée de $1^{cm}$ (les surfaces extérieures de $b, b'$ sont noircies), *la roue se met à tourner*. En chauffant $b'$, le sens de rotation se renverse. En employant une roue fabriquée en constantan, mais possédant la même symétrie, on obtient une rotation inverse à celle de la roue en cuivre.

4. Les relations entre l'effet thermo-électrique, dont la réalité a été mise en évidence, et les trois autres effets qui sont connus depuis longtemps, sont indiquées dans le tableau suivant :

*Tableau des effets thermo-électriques.*

| | Circuit hétérogène. | Circuit homogène. |
|---|---|---|
| Une différence de température (non symétrique) donne un courant électrique | Seebeck (1823) | Benedicks (1916) |
| Un courant électrique donne une différence de température | Peltier (1834) | Thomson (1856) |

On peut faire remarquer que les effets de la seconde série (Peltier, Thomson) sont plus difficiles à constater, et probablement à mesurer, que les effets de la première série, qui paraissent être d'une importance physique plus considérable.

5. Parmi les nombreuses conséquences et revisions nécessaires auxquelles conduit la découverte du nouvel effet thermo-électrique, on signalera son influence éventuellement très grande sur l'état magnétique du globe terrestre, dont on considère l'intérieur comme un conducteur métallique.

PHYSIQUE. — *La série K du tungstène et l'excitation des rayons X au point de vue de la théorie des quanta.* Note de MM. **R. Ledoux-Lebard** et **A. Dauvillier**, présentée par M. Villard.

Ayant indiqué précédemment ([1]) une solution théorique du problème de la dosimétrie radiologique précise basée sur l'excitation des séries caractéristiques K des atomes lourds, nous avons cherché, en employant des tensions continues très élevées obtenues de la façon que nous avons décrite ([1]), d'abord à contrôler l'existence de la série K du tungstène, puis à préciser sa tension d'apparition et enfin à voir dans quelle mesure la théorie des quanta était applicable au rayonnement du spectre continu.

Nous avons employé la méthode d'analyse spectrale photographique décrite par M. de Broglie ([2]). Les rayons issus de l'anticathode de tungstène d'un tube Coolidge tombaient sur une face $p$ d'un cristal de sel gemme animé d'une rotation continue. Les longueurs d'onde étaient évaluées à l'aide de la formule et de la constante de Bragg, par comparaison avec celles des bords des bandes de transmission sélective de l'argent et du brome de la plaque toujours présentes l'une ou l'autre dans les clichés et toujours très nettes.

La longueur d'onde de la radiation caractéristique la plus pénétrante de l'argent (raie 8 de la série K) est en effet, d'après des mesures récentes de Bragg, $\lambda = 0{,}488 . 10^{-8}$ cm. Des mesures effectuées en prenant deux spectres symétriques sur la même plaque nous ont donné pour cette discontinuité la valeur $\lambda = 0{,}481 . 10^{-8}$ cm à $\frac{5}{1000}$ près, confirmant ainsi que le coefficient d'absorption de l'argent, pour le rayonnement incident subissait une très brusque variation de grandeur pour une longueur d'onde légèrement inférieure à celle de la raie caractéristique de plus courte longueur d'onde. Ce fait semble d'ailleurs être général.

Les résultats des expériences effectuées de 24 à 140 kilovolts sont figurés dans le graphique ci-contre (*fig.* 1) dans lequel les tensions sont portées en abscisses et les fréquences maxima en ordonnées.

La théorie des quanta s'exprimant graphiquement par la droite :

$$h\nu = eV,$$

$\nu$ étant la fréquence, $\lambda$ la constante de Planck et $eV$ l'énergie de l'électron, on voit que la courbe expérimentale s'écarte de plus en plus de la droite

([1]) *Comptes rendus*, t. **162**, 1916, p. 405.
([2]) *Comptes rendus*, t. **163**, 1916, p. 924.

théorique à mesure que la tension augmente. Un résultat analogue avait été déjà observé indirectement par Sir E. Rutherford et MM. Barnes et Richardson (¹) dont la courbe est figuré en pointillé.

Nous avons pu constater que les raies α et β de la série K du tungstène

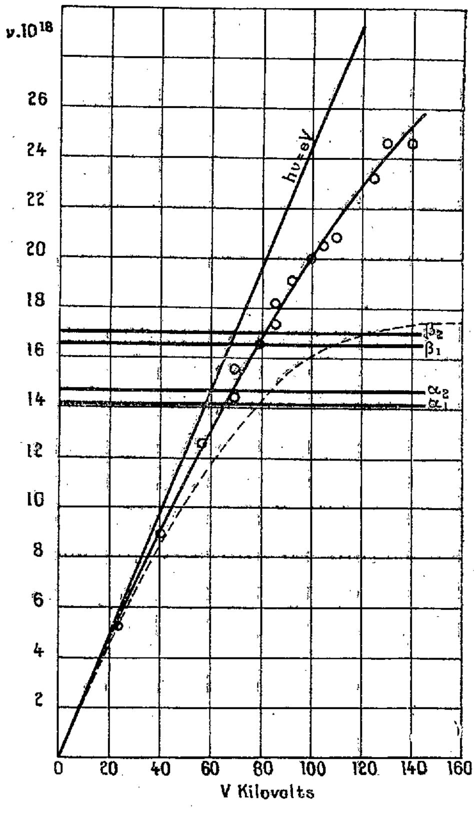



Fig. 1.

étant indiquées par leurs fréquences, la raie α n'est par excitée tant que la raie β de plus courte longueur d'onde ne l'est pas elle-même. Il semble que les raies d'une série forment un ensemble qui ne peut être excité partiellement et que, pour le faire apparaître en entier, il faut pouvoir produire la composante de plus courte longueur d'onde de la série.

La tension d'apparition de la série K se déduit de ce graphique ; elle est voisine de 80 kilovolts, au lieu des 95 indiqués par la relation de Whiddington,

(¹) Rutherford Barnes et Richardson, *Phil. Mag.*, septembre 1915, p. 339-370.

soit environ 15 pour 100 en moins, différence en accord avec celle observée par Whiddington pour le sélénium.

La longueur d'onde des raies de la série K a été mesurée. Cette série comprend deux fins doublets, comme, semble-t-il, pour tous les autres atomes. En prenant pour la constante de Bragg (Na Cl) la valeur

$$d = 2,814.10^{-8}\,\text{cm},$$

on a

$\alpha_1 = 0,2128.10^{-8}$ cm (raie faible),
$\alpha_2 = 0,2053$ » (raie très intense),
$\beta_1 = 0,1826$ » (raie faible),
$\beta_2 = 0,1768$ » (raie faible),

avec une approximation de 1 pour 100 et en accord avec la relation de Moseley.

Ces résultats montrent qu'il est possible d'exciter dans un atome lourd des radiations de plus courte longueur d'onde que celles de son rayonnement caractéristique K. Mais il faut remarquer que l'aspect des spectres que l'on obtient au-dessous et au-dessus de l'apparition de ce rayonnement, est très différent. Dans le premier cas la plus courte longueur d'onde s'observe facilement comme délimitant une bande intense et assez nette de spectre continu. Dans le second, au contraire, le spectre continu qui apparaît en deçà des raies K constitue toujours une bande très faible se dégradant souvent du côté des courtes longueurs d'onde.

Il semblerait, d'après cet aspect, soit que l'intensité de ces radiations est très faible,

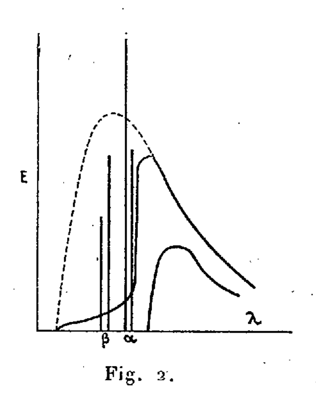


Fig. 2.

soit qu'elle est au contraire notable et que leur coefficient d'absorption dans l'argent (de la plaque photographique) est très petit.

Des mesures effectuées par la méthode de Bragg pourraient résoudre cette question.

Il nous semble cependant que l'excitation du spectre continu doive être différente au-dessous et au-dessus de l'apparition du rayonnement caractéristique de l'atome. Au-dessous, le spectre doit présenter son maximum d'énergie au voisinage de la plus courte longueur d'onde. Au contraire, dès que la fluorescence est excitée, l'énergie X se localiserait dans les raies et l'intensité de la partie continue diminuerait beaucoup; c'est ce qui est schématisé dans la figure 2 qui représente la distribution de l'énergie dans l'un et l'autre cas en fonction de la longueur d'onde.

Il semble ainsi très probable que les rayons X, les plus pénétrants qu'il sera possible de produire d'une façon intense, seront limités par la série K de l'uranium avec une longueur d'onde minima de $0,1086.10^{-8}$ cm.

SPECTROSCOPIE. — *Sur les groupements des raies du fer sous l'influence sélective d'actions thermiques et chimiques.* Note de M. **G.-A. Hemsalech**, présentée par M. A. de Gramont.

On sait, d'après les recherches bien connues de M. de Watteville, que le spectre du fer, émis par la flamme du bec Bunsen, consiste en deux groupes de raies bien distinctes, à savoir : les raies du cône intérieur et celles de la flamme proprement dite.

En étudiant ensuite l'émission du fer dans des flammes de température plus élevée, nous avons démontré, M. de Watteville et moi [1], que toutes les raies observées dans la flamme du bec Bunsen étaient renforcées, tandis que celles du cône faisaient complètement défaut. Nous avons regardé les raies de la première catégorie comme des raies fondamentales du spectre, pouvant être facilement émises par de simples actions thermiques. Quant au spectre « supplémentaire », observé exclusivement dans la direction du cône intérieur, nous l'avons attribué à des actions chimiques spéciales dont la région d'explosion est le siège.

Grâce à l'amabilité de Sir Ernest Rutherford, j'ai pu faire quelques expériences complémentaires, en modifiant les dispositifs pour la combustion des gaz, ainsi que la méthode d'observation. Ces expériences ont fait ressortir d'une façon frappante l'influence sélective qu'exercent sur les raies du fer les actions chimiques et thermiques de la flamme air-gaz d'éclairage. J'ai ainsi pu me rendre compte que notre classe de raies fondamentales se compose, en réalité, de deux types distincts de raies, dont l'un est particulièrement sensible aux actions chimiques et l'autre aux actions thermiques.

---

(1) Hemsalech et de Watteville, *Comptes rendus*, t. 146, 1908, p. 859.

Les raies du premier type sont émises fortement par le cône mais faiblement par la flamme, le changement d'intensité se faisant brusquement au bord du cône. Dans les flammes de température plus élevée ces raies augmentent d'intensité, ce qui indique qu'elles sont également sensibles aux variations thermiques, mais pas au même degré que les raies du second type.

L'ensemble de ces observations a permis de classer les raies du fer, émises par les flammes, comme il suit :

*Première classe.* — Raies émises par la flamme extérieure du bec Bunsen et renforcées dans les flammes de température plus élevée. Elles sont particulièrement sensibles aux actions thermiques. Exemples : 3860, 3920, 4376.

*Deuxième classe.* — Ces raies, émises sous l'influence d'actions chimiques, sont très marquées dans le cône, mais faibles dans la flamme. Exemples : les triplets à 4046 et 4384.

*Troisième classe.* — Cette classe comprend les raies du spectre « supplémentaire », c'est-à-dire les raies du cône proprement dites. Exemples : 3936, 4119, 4957.

Après avoir classé ainsi toutes les raies du fer observées à l'aide d'un spectrographe en verre, j'ai dessiné trois spectres normaux dont chacun ne comprenait que des raies d'une même classe, c'est-à-dire de même origine.

L'examen de ces spectres a révélé l'existence de curieux groupes de raies dans chacune de ces trois catégories de spectres. Ces groupes se composent de raies, au nombre de trois, quatre ou même plus, dont les caractères et les positions relatives donnent l'impression d'une distribution coordonnée et régie par quelque loi encore inconnue. Tous les groupes des première et deuxième classes convergent vers le rouge, ceux de la troisième classe vers le violet.

Le Tableau suivant contient quelques-uns de ces groupes. Les longueurs d'onde sont exprimées en unités internationales.

| Longueurs d'onde. | Fréquences d'oscillations. | $\Delta_1$. | $\Delta_2$. | $\Delta_3$. |
|---|---|---|---|---|
| | *Première classe.* | | | |
| 3679,92 | 27174,5 | 188,0 | | |
| 3705,56 | 26986,5 | 123,3 | 64,7 | |
| 3722,57 | 26863,2 | 77,4 | 45,9 | |
| 3733,32 | 26785,8 | | | |
| 4375,93 | 22852,3 | 265,2 | | |
| 4427,31 | 22587,1 | 173,9 | 91,3 | |
| 4461,65 | 22413,2 | 103,1 | 70,8 | |
| 4482,27 | 22310,1 | | | |

| Longueurs d'onde. | Fréquences d'oscillations. | $\Delta_1$. | $\Delta_2$. | $\Delta_3$. |
|---|---|---|---|---|
| | *Première classe* (suite). | | | |
| 5012,07 | 19951,8 | 600,1 | | |
| 5167,49 | 19351,7 | 374,7 | 225,4 | |
| 5269,53 | 18977,0 | 208,4 | 166,3 | |
| 5328,06 | 18768,6 | | | |
| | *Deuxième classe.* | | | |
| 3734,86 | 26774,8 | 104,4 | | |
| 3749,47 | 26670,4 | 62,1 | 42,3 | |
| 3758,23 | 26608,3 | 39,4 | 22,7 | |
| 3763,80 | 26568,9 | 23,9 | 15,5 | |
| 3767,19 | 26545,0 | | | |
| | *Troisième classe.* | | | |
| 4466,56 | 22388,6 | 47,4 | | |
| 4476,03 | 22341,2 | 92,1 | 44,7 | |
| 4494,57 | 22249,1 | 179,7 | 87,6 | 42,9 |
| 4531,16 | 22069,4 | 344,2 | 164,5 | 76,9 |
| 4602,95 | 21725,2 | 613,9 | 269,7 | 105,2 |
| 4736,79 | 21111,3 | | | |

On remarquera que les distances entre les composantes des trois quadruplets de la première classe diminuent en allant vers l'ultraviolet, les variations, indiquées dans les colonnes notées $\Delta$, étant à peu près de $1 : \frac{1}{2} : \frac{1}{3}$.

Ces résultats, quoique encore incomplets par suite de la limitation de l'étude à une faible étendue du spectre, permettent néanmoins d'entrevoir déjà la structure du spectre du fer.

## *Observations sur la Communication de M.* G.-A. Hemsalech, par M. A. de Gramont.

Je me permets d'attirer l'attention de l'Académie sur l'importance des résultats obtenus par M. Hemsalech. Ils font espérer une connaissance prochaine de la structure du spectre du fer, où M. Emil Paulson [1] avait déjà signalé seulement un certain nombre de différences constantes entre

[1] *Beiträge zur Kenntnis der Linienspektren*. Lund, 1914.

des nombres d'ondes, mais sans relations avec les origines des raies. Les méthodes qui m'ont toujours semblé devoir être les plus simples et les plus fécondes pour arriver à coordonner rationnellement les raies d'un spectre compliqué comme celui du fer, possèdant environ 4700 raies, sont les méthodes physiques, séparant ces raies en différentes catégories par la variation des conditions d'apparition de celles-ci : pression, température, champ magnétique ou électrique, ou délimitant les régions des sources lumineuses dont les radiations donnent naissance aux raies. C'est ce qu'a fait M. Hemsalech et sa répartition de celles-ci en trois classes d'origines distinctes est particulièrement intéressante parce qu'il est parvenu à isoler, dans chacune de ces classes, des triplets et des quadruplets caractéristiques, offrant une structure différente suivant la classe.

Pour la répartition des raies en catégories de ce genre dans les spectres de constitution encore inconnue, j'attirerai aussi, une fois de plus, l'attention des chercheurs sur l'utilité des méthodes chimiques où interviennent les considérations de quantité de matière employée et de sensibilité des raies. J'ai montré (1) que les raies ultimes appartiennent à la série principale, ou, à défaut de celle-ci, à la deuxième série secondaire (série étroite).

Dans les données apportées ici par M. Hemsalech, les raies de grande sensibilité, que j'avais reconnues dans le fer, appartiennent aux classes I et II de ce savant, celles dont les triplets convergent vers le rouge. La classe III dont les triplets convergent vers le violet, et qui comprend les raies de la plus haute température, paraît correspondre aux raies renforcées de Lockyer, ou tout au moins comprendre celles-ci parmi elles.

L'extension des recherches, si intéressantes et si pleines de promesses, de M. Hemsalech, à une plus grande étendue du spectre, et surtout dans la partie la plus réfrangible de l'ultraviolet, permettra de préciser avec certitude la nature et les caractéristiques des triplets et quadruplets qu'il vient de découvrir.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 151, 1910, p. 308.

GÉOLOGIE. — *Sur la découverte d'horizons fossilifères nombreux et sur la succession des faunes dans le Cambrien moyen et le Cambrien supérieur du Yunnan méridional.* Note (¹) de M. J. DEPRAT, présentée par M. H. Douvillé.

Dans une Note publiée ici même l'an dernier, j'annonçais la découverte d'une puissante série cambrienne dans l'extrême nord tonkinois, le Yunnan méridional et le nord du Kwang-si. Une nouvelle exploration, dans la région complètement inconnue, entre la frontière du Tonkin et le Kwei-tchéou, m'a permis de reprendre l'étude de ces formations durant l'été 1910. J'ai découvert dans cette région une série stratigraphique continue dans le sens vertical, puissante de $12000^{m}$ au minimum, embrassant le Cambrien entier, l'Ordovicien et la plus grande part du Gothlandien. La place me manquerait ici pour m'occuper d'autre chose que du Cambrien. J'ai rapporté une quantité énorme de Trilobites cambriens, souvent entiers et dans un bel état de conservation. Leur étude, ainsi que celle des Brachiopodes, est actuellement entreprise par mon savant ami M. Mansuy. En attendant l'étude stratigraphique détaillée que je prépare, je vais donner une première idée du nombre des horizons observés.

I. CAMBRIEN INFÉRIEUR. — Il est formé, sur la frontière du Kwang-si et du Yunnan, dans le bassin du Leng-Kai'ho, par une puissante série de schistes et marnes rouges constitués par la série des couches à *Redlichia* homologue de celle décrite par nous dans le Yunnan oriental. Cette série ne nous a rien offert de nouveau et, de plus, je n'ai pu m'y attarder beaucoup, cette partie du pays étant extrêmement dangereuse à parcourir au point de vue de la piraterie et mes forces militaires étant insuffisantes.

II. CAMBRIEN MOYEN. — Les couches de la base de l'Acadien yunnanais à *Ptychoparia yunnanensis*, *Obolus Damesi*, *Acrothele Matthewi eryx* passent à une grosse série de schistes bariolés durs à *Anomocarella* sp., auxquels succède une série de grès grossiers et marnes verts avec *Orthotheca* cf. *cyrene dryas* Walc. et un Trilobite abondant appartenant à un genre nouveau, non encore dénommé par M. Mansuy qui l'étudie. Vient ensuite un épais complexe de marnes et grès jaunes grossiers que je nommerai *série de Siao-pin-tchai*, renfermant : *Ptychoparia* (*Emmerichella*) *theano* Walc., *Solenopleura* sp., *Agnostus chinensis* Dames, *Anomocare* cf. *latelimbatum* Dames. Au-dessus affleurent des schistes verts durs sans fossiles, très épais, puis la grande *série de Tien-fong* commençant par un grès contenant en abondance un *Conocoryphe* nouveau ; on observe ensuite des grès très sableux à *Anomocare* nov. sp.,

(¹) Séance du 4 décembre 1916.

*Anomocare* sp., auxquels succèdent des calcschistes noirs avec bancs gréseux et grauwackes remplis de : *Obolus chinensis* Walc., *Acrothele* cf. *Matthewieryx* Walc., *Anomocare minus* Dames, *Conocoryphe* nov. sp., *Conocephalina Emmerichi* Barr. Un mince horizon de calcaires noirs superposé contient de magnifiques échantillons de *Ptychoparia striata* Emmerich (génotype) et *Ellipsocephalus Hoffi* Bronn. Puis vient une série de calcaires et de marnes blanches à *Obolus chinensis* Walc. La série de Tien-fong se continue par des marnes roses pleines de fossiles admirablement conservés : *Acrotreta Lisani* Walc., *Obolus shansiensis* Walc., *Liugulella* cf. *manchuriensis* Walc., *Orthotheca* cf. *cyrene* Walc., *Hyolites* sp., *Anomocare subquadratum* Dames. A cette série et à cette faune succèdent immédiatement les marnes sèches du poste chinois de Tien-fong où j'ai recueilli, en individus souvent complets, avec *Obolus shansiensis* et *Hyolites* sp., quatre espèces nouvelles de *Conocephalina* et une nouvelle espèce de *Chuangia*. Un horizon gréseux superposé est caractérisé par ce *Chuangia* nouveau. Ensuite vient la belle *série de Penn-kai*, caractérisée par une puissante série de calcaires oolithiques alternant avec des bancs de grauwackes : un premier horizon gréseux m'a fourni un *Damesella* sp.; un second plus élevé m'a donné une quantité énorme de Trilobites en bon état : *Agnostus* cf. *Douvillei* Berg., *Coosia* nov. sp., *Damesella* sp., *Annamitia* (*Ptychoparia*) nov. sp., forme très intéressante, avec *Westonia* (*Obolus*) *Blackwelderi* Walc. Un horizon plus élevé m'a fourni seulement *Agnostus* cf. *Douvillei* et *Annamitia* n. sp. Ensuite vient ce que j'appellerai *série de Chang-poung*, puissante masse de calcaires oolithiques et de grès, marnes, schistes, grauwackes alternants; un premier horizon que je nommerai *couches de Kao-tiéou* contient : *Trematolobus* sp., *Obolus* cf. *shansiensis* Walc., *Anomocare ephori* Walc., *Anomocarella* cf. *chinensis* Walc., *Damesella brevicaudata* Walc., *Damesella* sp., *Stephanocare sinensis* Berg., *St. Monkei* Walc.; puis vient l'horizon de Chang-poung, très riche, avec : *Planolites* sp., *Eoorthis agreste* Walc., *Coosia Deprati* Mans., *Agnostus* cf. *Douvillei* Berg., *Drepanura Kitteleri* Mk., *Tonkinensis* Mans., *Drep. Premesnili* Berg., *Drepanura* sp., *Agraulos Tonkinensis* Mans., *Blackwelderia cilix* Walc., *Bl. alastor* Walc., *Bl. sinensis* Walc., *Bl. speciosa* Mans., *Damesella breviceps* Mans., *D. brevicaudata* Walc., *D. Blackwelderi* Walc. Un horizon immédiatement plus élevé que le précédent a donné *Stephanocare Richthofeni* Mk. et un autre marneux, une *Coosia* sp. Ensuite vient la base des couches à *Billingsella tonkiniana* que j'ai déjà fait connaître en 1916. J'arrête ici le Cambrien moyen.

III. Cambrien supérieur. — Ici commence la série des grès et calcaires à *Chuangia nais* Walc., avec *Ptychaspis* sp. et des *Billingsella* (*B. tonkiniana* Mans., *B.* nov. sp.), où apparaît également (*série de Loung-co*) *Huenella orientalis* Walc., *Eoorthis Linnarsoni* Kays., *Syntrophia orthia* Walc., avec des algues bien conservées qui seront décrites. Ensuite viennent des grès à ptéropodes (*Orthotheca* sp.), que surmonte la grande *série des couches à Ptychaspis* formée de bancs de calcaire oolithique alternant avec des couches très variables, grès, marnes, grauwackes. Une première série de couches renferme *Dolichometopus* sp., *Ptychaspis* sp., suivie d'une autre à *Anomocarella* sp. et *Ptychaspis* sp. Vient ensuite l'épaisse masse des calcaires et grauwackes à *Ptych. angulata* Mans., espèce abondante et caractéristique, accom-

pagnée de *Drepanura* n. sp. et *Syntrophia orthia*, suivie de couches à *Illœnurus ceres* Walc., *Illœnurus* sp. Une autre série puissante lui succède, caractérisée par *Ptych. Walcotti* Mans., *Shumardia* nov. sp., *Sh.* cf. *granulosa* Bill., *Anomocarella* n. sp. *Crepicephalus* sp. Puis on observe une nouvelle série où *Pt. Walcotti* reste la forme caractéristique, avec *Menocephalus* sp. et *Eoorthis doris* Walc. Toute cette série offre un développement géographique énorme en Chine et les beaux gisements de fossiles sont nombreux (Li-kouan-keu, Ta-mou-ngan). Le Cambrien supérieur se termine par des couches à *Anomocare megalurus* Dames, passant *par insensibles transitions* à des couches ordoviciennes à Poissons ostracodermes. Les couches à *A. megalurus* renferment les premiers Ostracodermes et sont elles-mêmes recouvertes par des couches à *Trinucleus* que j'ai signalées l'an dernier.

L'ensemble de la série cambrienne atteint un minimum de puissance de 8000$^m$. La brève description précédente montre l'intérêt exceptionnel de cette série, probablement la plus belle d'Asie, et qui, grâce à sa puissance, sa continuité et sa division en faunes successives très distinctes et contiguës, nous apportera, comme je vais le montrer dans une étude détaillée, des lumières complètes sur le Cambrien de l'Asie orientale.

Ces nouvelles découvertes confirment l'affinité étroite avec les faunes du Cambrien du Chan-toung et de Mandchourie. On remarquera le caractère épisodique curieux marqué par l'apparition momentanée de formes telles que *Ellipsocephalus Hoffi*, *Ptychoparia striata* et *Conoceph.* cf. *Emmerichi* dans cette série.

GÉOLOGIE. — *Les premières éruptions volcaniques (oligocènes) dans le géosynclinal lacustre de la Limagne (Côtes de Clermont, Chanturgue, etc.).* Note de M. **Ph. Glangeaud**, présentée par M. Pierre Termier.

Les questions d'âge et de genèse des premières éruptions volcaniques de la Limagne, qui se confondent avec celles des premières éruptions du Massif Central, ont toujours préoccupé vivement les géologues (Michel Lévy, MM. Boule, Giraud, etc.) qui ont étudié cette région.

De récentes observations, faites à la suite d'un violent orage de grêle, qui sévit d'une façon désastreuse, le 18 juin dernier aux environs de Clermont, notamment sur les collines des côtes de Clermont et de Chanturgue, me permettent d'apporter une contribution et des vues nouvelles sur cette question.

Les collines précitées forment au nord de Clermont un rideau montagneux de 250$^m$ de haut, constitué par un substratum oligocène et un revêtement volcanique.

I. La *colline des Côtes* comprend à sa base occidentale une alternance de *sables argileux verdâtres*, de marnes et de calcaires marneux recouverts par 50m de sables argileux *ferrugineux* dits, à tort, *sables feldspathiques* en raison de leur abondance en cristaux de feldspath. En réalité, de pareils sables, qui sont argileux, comme les sables verts, ne sont pas caractéristiques d'un niveau paléontologique, car ils forment plusieurs assises feldspathiques presque identiques, sur le bord du géosynclinal, depuis Durtol jusqu'à la contrée basaltique. Leurs différences minéralogiques, d'après M. Cayeux qui a bien voulu les étudier, sont extrêmement faibles et j'ai pu constater le passage graduel des sables verts aux sables rouges.

Les premiers, intercalés au milieu de calcaires marneux, renferment, d'après M. Giraud : *Hydrobia Dubuissoni* et *Nystia plicata* et appartiennent au Stampien supérieur, tandis que les seconds, qui ont beaucoup de rapports avec les *sables de la Sologne*, mais qui n'ont pas, jusqu'à présent, livré de fossiles, ont été considérés, sans raison bien plausible, comme les homologues de ces derniers; ils seraient donc d'âge burdigalien.

Or ces sables ferrugineux sous-basaltiques, très épais (50m), sont des *sables argileux lacustres*, régulièrement stratifiés, sans stratification entrecroisée, ni ravinement, et ne renferment que de rares galets peu roulés de granite, de gneiss à cordiérite, de schistes cambro-dévoniens et de quartz filonien. Ils paraissent donc bien faire partie de la *série sédimentaire lacustre du géosynclinal* de la Limagne et appartenir par suite à l'*Aquitanien*, car ils sont en continuité de sédimentation avec l'Oligocène sous-jacent (Stampien).

Le plateau des Côtes qui est irrégulier, mouvementé, et que l'on croyait constitué par une unique coulée basaltique épanchée à l'air, comprend en réalité *trois coulées*, dont deux au moins ont été *recouvertes* par les sables feldspathiques ferrugineux.

La *coulée inférieure* affleure seulement sur une partie des versants nord et sud sous forme d'un liséré bordant la *coulée moyenne* qui constitue la majeure partie du plateau en pente vers le Nord. Elle est surmontée des petites collines 614 et 615 qui comprennent des sables argileux contournés par la *troisième coulée* formant deux plateaux basaltiques horizontaux.

Les deux coulées inférieures, et vraisemblablement la coulée supérieure, ont donc été *submergées* par les sables argileux, dont il reste encore des témoins sur la coulée moyenne; elles sont donc de l'âge de ces sables, c'est-à-dire *aquitaniennes*.

Ces trois coulées basaltiques sont issues des culots éruptifs représentés par les points 622 et 596 en bordure sur le front sud.

II. *La colline de Chanturgue*, séparée par une faille et un col de la précédente, comprend à sa partie supérieure *une seule coulée de basalte*, de $15^m$ à $30^m$ de haut, suivant les points, reposant sur des *sables argileux feldspathiques verts* qui recouvrent les marnes et les calcaires marneux à *Nystia*.

Cette coulée n'apparaît, au pourtour, que par places, car elle est *enveloppée* presqu'en entier, latéralement, par ces mêmes sables (à nodules calcaires) qui la *recouvrent* aussi, en maints endroits, de même que la coulée inférieure du Puy de Var.

C'est l'érosion seule qui a dégagé peu à peu cette coulée et l'a ramenée au jour par ravinements et décollements des sables argileux en la transformant en plateau basaltique.

Le plateau des Côtes de Clermont et celui de Chanturgue sont les seuls jusqu'ici, en Auvergne, qui apparaissent par érosion des sédiments au milieu desquels ils étaient enfouis.

La coulée de Chanturgue ne peut être intrusive (elle n'est ni un *sill*, ni un *laccolite*), car les sables qui l'entourent et la recouvrent sont horizontaux et ne présentent ni cuisson ni rubéfaction : ils butent régulièrement contre son front et sont les mêmes que ceux qui la supportent, c'est-à-dire d'âge aquitanien. Les coulées de Chanturgue, des Côtes et du Puy du Var (coulée inférieure) se sont donc épanchées *durant l'Aquitanien.*

C'est la première fois que l'on signale des coulées de lave aussi anciennes dans le Massif Central.

Et même, si l'on admettait l'hypothèse (qui ne paraît pas fondée) que les sables dits *feldspathiques* sont d'âge burdigalien, il serait *prouvé directement* (ce qui n'avait pu être fait jusqu'ici) que les éruptions de la Limagne débutèrent *pendant* le Burdigalien.

Il faut rapprocher de ces données les observations de Poulett-Scrope relatives aux pépérites régulièrement stratifiées de Pont-du-Château envisagées par lui, avec raison, comme des projections basaltiques d'âge stampien (niveau à *Helix Ramondi*), dans le lac de la Limagne de cette époque.

On peut donc conclure des faits précités que l'*activité volcanique*, qui dura si longtemps dans la Limagne, fut *déclenchée* dès la fin du Stampien et que les *différentes crises* qui se succédèrent pendant le Miocène, le Pliocène et le Quaternaire, eurent principalement pour causes la fin de l'enfoncement de ce géosynclinal lacustre rempli de $1500^m$ de dépôts durant la seule période oligocène et sa fragmentation en longues bandes N-S effondrées, limitées par des fractures par lesquelles s'échappait le magma fondu.

ÉNERGÉTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Instrument pour mesurer et rééduquer les mouvements de pronation et de supination : le « Gyrographe ».* Note (¹) de M. **Jules Amar**, présentée par M. Dastre.

Depuis un an, j'emploie un instrument très simple à la fois et très avantageux pour mesurer et rééduquer les mouvements de pronation et de supination du membre supérieur.

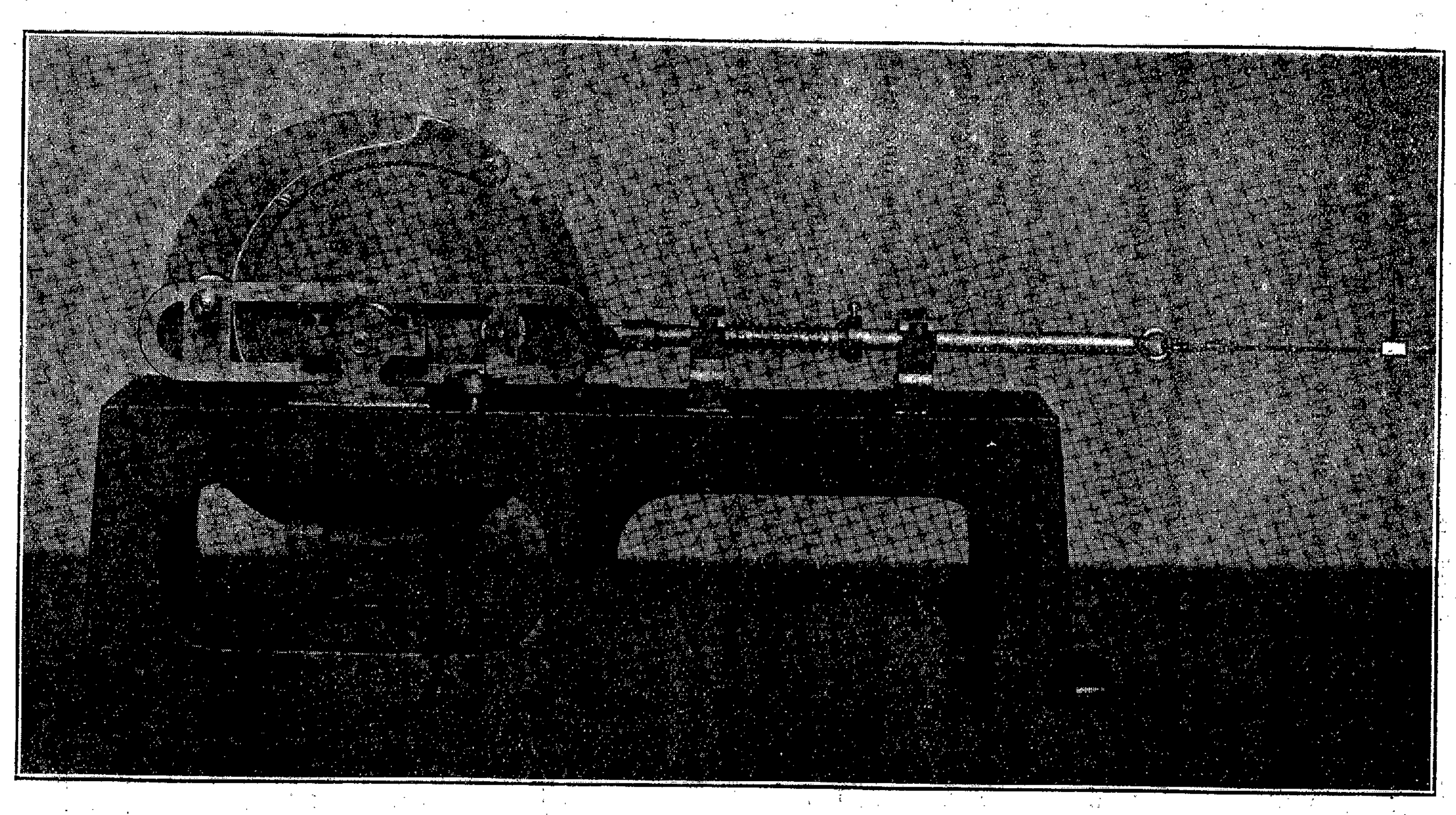
Le premier modèle réalisé était en bois; et néanmoins il m'a donné des résultats précieux, tant pour lutter contre les raideurs articulaires et la rétraction des muscles pronateurs et supinateurs, que pour déterminer la valeur exacte, en degrés d'angle, du mouvement que l'on a en vue de rétablir. Mêmes avantages quand il s'agit des moignons d'amputés, à différents niveaux, surtout des moignons d'avant-bras.

L'instrument, que j'ai appelé *Gyrographe*, est désormais construit de la façon suivante : Sur un bâti de fonte prismatique, ayant $30^{cm}$ de long sur $6^{cm}$ de large et $8^{cm},50$ de haut, on a ménagé une rainure qui reçoit un disque de laiton de $14^{cm}$ de diamètre sur $0^{cm},25$ d'épaisseur. Ce disque est traversé par un axe reposant sur deux coussinets, et porte une graduation en degrés, de 0° à 180°, de part et d'autre de son diamètre vertical. La face non graduée possède une came rapportée et vissée, dont on va voir le rôle (*figure*).

En effet, le long de la platine du bâti, on a placé une tige d'acier prolongée par un cadre évidé formant glissière et conduit par des galets. Aux extrémités du cadre sont deux goupilles dont les boutons s'appuient tangentiellement à la came, à l'extérieur et à l'intérieur. Ainsi, la rotation du disque imprime à la tige un mouvement de translation que l'on guide par un jeu convenable de poulies. Cette tige passe d'ailleurs dans deux coussinets et revient à sa position de départ grâce à un ressort à boudin qui s'étend de l'un à l'autre et se fixe à une bague concentrique à la tige. Celle-ci se termine enfin par un anneau auquel s'attache le fil d'un chariot de Mosso, pour rendre l'instrument inscripteur. Ajoutons que l'axe du cadran gradué porte une aiguille et peut recevoir soit une poignée que le blessé saisit à la main, soit un manchon spécial qui embrasse les moignons d'amputés.

Le Gyrographe constitue donc un appareil de rééducation fonctionnelle, où l'effort de contraction des muscles et la cadence des mouvements peuvent être réglés à volonté et enregistrés. Il permet de constater les progrès de cette rééducation et d'évaluer, avec une précision jusqu'ici difficile à obtenir, les angles de pronation et de supination des membres ou des

(¹) Séance du 4 décembre 1916.



Le Gyrographe vu par sa face postérieure. — On voit la came vissée sur le disque, la glissière et le ressort de rapport; un fil s'attache à cette glissière pour se rendre au chariot inscripteur (non figuré).

moignons. On le substitue au Chirographe, déjà décrit pour la rééducation de la main (¹), en utilisant le même chariot inscripteur. L'intérêt des observations gyrographiques, surtout en orthopédie, ressortira de l'ensemble des mesures effectuées, et que nous publierons bientôt.

CHIRURGIE. — *Étude des infections gangréneuses des plaies de guerre au moyen de la radiographie.* Note (²) de MM. A. **Lardennois**, **P. Pech** et **J. Baumel**, présentée par M. Dastre.

On peut, au moyen de rayons suffisamment mous, obtenir des clichés radiographiques de muscles. Nous avons appliqué cette méthode à l'étude des infections gangréneuses des plaies de guerre par microbes anaérobies (³).

Le cliché d'un membre sain donne des masses charnues une image grise à peu près homogène.

Le cliché d'un membre atteint de phlegmon donne un aspect peu différent. L'image est celle d'un membre augmenté de volume. La teinte est toujours homogène avec quelques flous. Les traînées claires marquent les interstices musculaires.

Tout autre est l'aspect radiographique donné par une infection gangréneuse.

*Au début, au stade de tuméfaction musculaire maligne*, on peut suivre la destruction progressive du muscle autour du trajet infecté. Une zone claire à contours irréguliers se dessine.

*A un second stade* la destruction a progressé; la gangrène a diffusé. On voit alors sur le cliché des mouchetures, des stries qui dessinent la trame fasciculaire des muscles en voie de digestion.

*A un stade plus avancé* les espaces clairs sont élargis. Les loges musculaires sont occupées par des bulles à contours irréguliers et présentent un aspect nuageux caractéristique.

Si l'on prend des fragments de muscles, on peut de même, par des radiographies, noter leur digestion progressive et leur infiltration par les gaz.

---

(¹) *Journal de Physiologie générale*, septembre 1915.

(²) Séance du 20 novembre 1916.

(³) G. Lardennois et J. Baumel, *Les infections gangréneuses des plaies de guerre par microbes anaérobies* (*Comptes rendus*, t. 163, 1916, p. 616).

Nous montrons ici des clichés de fragments de muscles sains, de muscles à demi envahis et de muscles entièrement gangrénés et criblés de gaz. Ces derniers ont un aspect spongieux bien net.

Nous avons reproduit expérimentalement ([1]) les divers modes de gangrène par des associations choisies d'anaérobies pathogènes. Nous présentons ici des clichés de muscles de lapins atteints de gangrène gazeuse expérimentale. Les radiographies sont comparables à celles des gangrènes chirurgicales.

L'aspect radiographique de la gangrène ischémique putréfiée sans gaz est tout différent. De larges espaces clairs séparent les muscles, mais ces derniers donnent une ombre non modifiée. Dans la forme à œdème malin pur, l'image ne présente aucun des aspects que nous venons d'indiquer.

La radioscopie, pour un radiographe averti, permet les mêmes constatations.

Les renseignements fournis par l'examen radiographique des gangrènes gazeuses ne sont pas seulement intéressants pour l'étude du processus de destruction par les anaérobies et sa localisation dans le muscle. Ils peuvent être très utiles pour le diagnostic d'un foyer de gangrène et surtout pour l'évaluation de son étendue. Ils nous ont rendu dans certains cas de grands services et nous ont permis d'instituer un traitement rationnel.

BACTÉRIOLOGIE. — *Nouvelles expériences sur l'influence qu'exerce la pression osmotique sur les Bactéries.* Note ([2]) de M. J. BEAUVERIE, présentée par M. Gaston Bonnier.

Nous avons indiqué dans une Note précédente les raisons de ces recherches, la méthode expérimentale que nous employons et l'application que nous en avons faite au vibrion cholérique.

Nous avons étudié l'action de la concentration moléculaire du milieu, produite par addition de doses croissantes de $NaCl$ à un liquide de culture tel que le bouillon de viande, sur des microbes intestinaux, du pus, de la peau et libres dans la nature.

---

([1]) G. LARDENNOIS et J. BAUMEL, *Les infections gangréneuses des plaies de guerre. Les processus tuméfiants gangréneux et gazeux.* (Société médico-chirurgicale de la VIe armée, 29 septembre 1916, et *Presse médicale*, 16 novembre 1916.)

([2]) Séance du 4 décembre 1916.

Les microbes intestinaux (vibrion cholérique, bacille d'Eberth, b. coli) supportent facilement des doses atteignant 50 pour 1000 de Na Cl avec optimum autour de 30 pour 1000; il en est de même du *Staphylococcus pyogenes aureus*. Le Micrococcus de Unna, de la peau s'accommode de 300 pour 1000 de Na Cl et sans doute au delà. Le *Bacillus subtilis*, libre dans la nature, donne encore, après un certain retard, un voile épais avec 100 pour 1000 de Na Cl; ce voile est perlé de fines gouttelettes de liquide; par contre, le B. mycoïde, qu'on rencontre également libre dans la nature, à la surface des végétaux ou dans le sol, supporte mal l'élévation de concentration, et c'est avec un retard de plusieurs jours qu'il donne une culture chétive sur bouillon additionné de 30 pour 1000 de Na Cl.

La tolérance vis-à-vis de la concentration paraît liée à l'habitat normal du microbe; c'est ainsi que le M. de Unna des sécrétions sébacées est particulièrement résistant. Le *B. subtilis* semble mettre en défaut cette généralisation, mais il constitue un cas particulier : le développement de cette aérobie strict est favorisé surtout parce que l'accroissement de la densité du liquide facilite son développement en surface, c'est-à-dire au contact de l'oxygène de l'air.

Dans tous les cas, lorsque la concentration du milieu en Na Cl augmente, le développement affecte de plus en plus une tendance à se produire dans la partie supérieure du liquide, les parties profondes restant limpides. Cet état de choses favorise naturellement d'une façon spéciale les aérobies en facilitant le contact avec l'air (choléra, b. subtile). Ce fait semble tirer sa cause initiale de l'accroissement de densité du liquide de culture : le B. pyogène (anaérobie facultatif) donne lieu à ce phénomène aussi bien lorsque la surface du liquide est recouverte d'une couche d'huile de vaseline qu'à l'air libre.

Le Micrococcus de Unna mérite une mention particulière à cause de sa grande résistance à la concentration puisqu'il végète encore fort bien avec 300 pour 1000 de Na Cl. Ce microbe a été isolé de squames de la peau d'un malade renfermant, d'autre part, des filaments mycéliens de *Microsporon furfur*. Ces microorganismes existent particulièrement chez des sujets émettant des sueurs abondantes; ils se développent à la surface des régions de la peau qu'abritent des vêtements d'une façon permanente; les sécrétions sébacées forment un milieu riche en sels, concentré, dont il y a lieu de tenir compte dans les observations présentes.

Il semble qu'on soit fondé à admettre que la résistance dont nous venons de parler résulte d'une adaptation à un tel milieu. Il pourrait donc être

intéressant de modifier les milieux de culture des microbes de la peau dans le sens d'une plus forte concentration moléculaire. Peut-être la méconnaissance de ce fait est-elle une des causes des échecs éprouvés lorsqu'on a tenté la culture de ces microorganismes sur les milieux usuels, par exemple, pour le *Microsporon furfur* (champignon du *Pytiriasis*) et le microbe dit « Bacille bouteille », etc.

Ces microbes, végétant à la surface de la peau ou près de cette surface, dans une atmosphère confinée, entre peau et vêtements, doivent trouver là, comme milieu, non seulement des solutions salines à un taux élevé de concentration, mais encore, et par ce fait même, une atmosphère à faible tension de vapeur d'eau, cette tension étant inversement proportionnelle à la concentration des solutions. Il serait facile de tenter de réaliser artificiellement ces conditions, en adoptant, par exemple, le dispositif dont nous nous sommes déjà servi pour les champignons inférieurs, décrit page 68 de notre travail sur le polymorphisme des champignons.

La formation des spores est accélérée (cas du *B. subtilis*).

L'augmentation de la pression osmotique du milieu de culture accroît la résistance des bactéries vis-à-vis de la chaleur, tel est du moins le résultat acquis avec le vibrion cholérique : deux cultures de trois jours, l'une sur bouillon peptoné ordinaire, l'autre sur même bouillon additionné de 30 pour 1000 Na Cl, sont placées une demi-heure à l'étuve à 56°; les ensemencements d'épreuve, faits ensuite sur bouillon ordinaire, sont positifs seulement avec le deuxième tube. Cette résistance plus grande est évidemment en relation avec la déshydratation résultant de la présence du sel.

Des microbes déjà accoutumés à des solutions concentrées supportent plus facilement des concentrations plus élevées.

Au point de vue de la technique bactériologique, nous insistons sur l'utilité qu'il y aurait à tenir compte de ce facteur dans la confection des milieux de culture en se basant sur les habitats usuels des microbes étudiés; la cryoscopie pourrait parfois être d'un utile secours dans ces recherches. Nous avons considéré plus haut le cas des microbes de la peau. La concentration moléculaire du milieu favorise la formation des voiles chez les aérobies (v. cholérique, b. subtile) et nous indiquons qu'il y a lieu, dans la recherche du vibrion cholérique, d'employer une eau peptonée à 30 pour 1000 de Na Cl.

La concentration peut faciliter l'obtention des endotoxines en favorisant leur exosinose dans le milieu de culture au moment de la mort du microbe.

Il serait particulièrement important de poursuivre l'étude de l'influence de la pression osmotique sur la production des toxines (elle entrave celle des diastases); il serait peut-être possible de trouver là un moyen d'atténuation. On sait que certains virus sont atténués par dessiccation (la rage), c'est-à-dire par une déshydratation, effet que produit aussi la concentration.

La méthode instituée par P. Delbet sous le nom de *cytophylaxie*, et qui trouve aussi son application dans le traitement des plaies, met en œuvre des solutions faiblement hypertoniques; la leucocytose est accentuée et l'index opsonique fortement élevé. On peut se demander si le nombre des microbes phagocytés n'est pas accru, au moins pour une part, en vertu de ce que leur nombre absolu est plus élevé par l'effet de la concentration de la solution employée. D'ailleurs cela importe peu au point de vue pratique si la multiplication leucocytaire, l'accroissement de l'activité des leucocytes, la moindre résistance des bactéries l'emportent sur la prolifération microbienne.

Au point de vue de la Biologie générale, la concentration du milieu de culture paraît être un des facteurs capables de provoquer, à la façon d'un déclenchement, le cloisonnement cellulaire; ce fait ressortait déjà de recherches d'auteurs tels que N. Bernard, J. Laurent et nous-même, chez les plantes supérieures. Pour que le phénomène se produise, il faut un apport constant, suffisant de substances alimentaires. Dans le cas des bactéries, l'intensification du cloisonnement d'éléments qui se dissocient aussitôt engendrés, se manifeste par un trouble de plus en plus marqué du liquide de culture. Il se produit, en somme, une sorte d'*anhydrobiose* par *sécheresse physiologique* qui est favorable à un déclenchement de la multiplication cellulaire.

MICROBIOLOGIE. — *Microbes nouveaux parasites du Hanneton.*

Note de M. A. **Paillot**, présentée par M. P. Marchal.

Les septicémies à Coccobacilles paraissent être la cause principale de la mortalité naturelle chez les Hannetons; mais dans le sang des individus infectés, on ne retrouve pas toujours à l'état de pureté les Coccobacilles cause de l'épidémie; il arrive même assez souvent (30 pour 100 environ des cas étudiés) qu'une deuxième infection est superposée à l'infection coccobacillienne. Trois associations microbiennes différentes ont été ainsi

étudiées et toutes trois sur des Hannetons provenant du Plateau de Sathonay. La première était constituée par *Bacillus melolonthæ non liquefaciens* β et un Diplocoque gardant le gram; la deuxième, par *B. melolonthæ liquefaciens* et un Diplobacille gardant le gram; la dernière, par le même Coccobacille et un gros Bacille sporulé gardant mal le gram.

Le Diplocoque et le Diplobacille isolés des deux premières associations ont beaucoup de propriétés biologiques et biochimiques communes. Tous deux poussent assez bien en bouillon ordinaire sans donner de voile ni d'anneau. Le bouillon T (recommandé par Truche pour la culture du Pneumocoque) est pour eux un milieu de choix; dès le deuxième jour, on observe un dépôt au fond du tube et le milieu s'éclaircit assez vite.

En gélose ordinaire, ils donnent de très petites colonies; en gélose T et gélose sucrée (maltosée ou glucosée) les colonies sont plus larges et rappellent celles du Pneumocoque; elles peuvent atteindre la dimension d'une tête d'épingle. Ni l'un ni l'autre ne liquéfient la gélatine et ne font coaguler le lait. En bouillon-bile (parties égales de chaque constituant), le Diplocoque pousse très abondamment; en bile, la culture est plus pauvre mais le microbe donne de très longues chaînettes. Le Diplobacille au contraire ne pousse pas en bile pure.

Le bouillon lactosé est décoloré dans les 24 heures à 18° environ; le milieu se recolore ensuite en pourpre dans le cas du Diplocoque; dans celui du Diplobacille, il vire d'abord et se recolore ensuite.

Le Diplocoque fait virer au rouge en 24 heures l'eau peptonée, tournesolée, glucosée, saccharosée, maltosée; en deux à trois jours, l'eau peptonée, mannitée ou galactosée; l'eau peptonée, inulinée reste bleue.

Le Diplobacille fait fermenter tous les sucres et même l'inuline. En milieu maltosé et mannité, il se produit une décoloration comme en milieu lactosé, puis le milieu se recolore.

Les deux microbes cultivent très mal à 37°; le premier pousse en petits grumeaux qui tombent rapidement au fond du tube; en replaçant le tube à 18°, le développement ne continue pas.

Morphologiquement, les deux microbes sont très différents : les éléments du Diplocoque mesurent 1 à 1,2 μ sur 0,8 à 0,9 μ; ils sont le plus souvent allongés dans le sens du grand axe; quelques-uns sont arrondis. Les éléments du Diplobacille mesurent 1,6 à 1,8 μ sur 0,4 μ; quelques-uns prennent même l'aspect filamenteux.

Si l'on accordait la prépondérance aux caractères biologiques dans la classification des Bactéries, on se trouverait conduit à faire, des deux microbes étudiés ici, deux espèces d'un même genre ou deux variétés d'une même espèce; mais, considérant le caractère morphologique comme le plus important, nous rangerons les deux formes dans deux genres différents et appellerons la première *Diplococcus melolonthæ* et l'autre *Diplobacillus melolonthæ*.

Le Bacille de la troisième association rappelle par sa forme le *Bacillus subtilis* ou *B. anthracis*. Il pousse bien en bouillon et le trouble dès la septième heure à 37°; il ne donne pas de voile, ce qui le distingue de *B. subtilis*. Dès le troisième jour, on observe un léger dépôt, mais le milieu ne s'éclaircit pas. Le Bacille se meut assez lentement en ondulant, il possède de nombreux cils péritriches.

En gélose ordinaire, il pousse très rapidement et abondamment; les colonies sont larges, très étalées, à bords sinueux, de surface un peu chagrinée et quelquefois plissée; elles sont d'apparence plutôt sèche et se détachent facilement de la surface de la gélose.

Il ne donne pas de gaz en gélose ou rouge neutre mais fait virer au canari, à partir du quatrième jour, la couche superficielle du culot; le virage ne s'étend pas au delà de la moitié supérieure.

La gélatine est liquéfiée lentement; à la surface, on observe une couche blanche, épaisse, membraneuse, assez fragile pourtant.

Le Bacille ne peptonise pas le sérum coagulé; il forme à la surface une couche assez épaisse, un peu plissée et d'apparence sèche.

Le lait est coagulé en deux à trois jours; la caséine est en partie digérée et le milieu prend une couleur jaunâtre qui brunit de plus en plus.

Sur pomme de terre, le bacille pousse abondamment et forme à la surface une couche crémeuse épaisse, d'abord blanchâtre puis gris-brun.

L'action sur les sucres n'est pas assez marquée ni assez constante pour faire l'objet d'une mention spéciale; sur Drygalsky le développement est presque nul.

*Formation des spores.* — Sur milieu solide (gélose ordinaire) les premières spores apparaissent vers le troisième jour; elle sont centrales et ont une forme ovoïde; elles possèdent une paroi assez épaisse mais sont cependant assez sensibles à l'action de la chaleur; elles résistent à un chauffage d'une demi-heure à 60° et sont tuées par un chauffage d'une minute à 100°. Dans le sang des Insectes vivants, on n'observe jamais la formation de spores; celles-ci ne prennent naissance que dans les cadavres, un jour environ après la mort de l'Insecte.

Le Bacille est très pathogène pour le Hanneton et les chenilles de *Vanessa urticæ;* il ne tue pas régulièrement, même après plusienrs passages, les chenilles de *Lymantria dispar;* celles qui résistent à une première inoculation sont réfractaires à toute autre inoculation.

Pour nous conformer aux règles de la nomenclature suivies jusqu'ici, nous désignerons le Bacille précédemment décrit sous le nom de *Bacillus hoplosternus*.

La séance est levée à 16 heures et quart.

G. D.

## BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

### Ouvrages reçus dans les séances d'octobre 1916.

*Annales du Service des épiphyties*, publiées par Ed. Prillieux, P. Marchal et E. Foex, t. II (1913) et III (1914). Paris, Lhomme, 1915 et 1916; 2 volumes in-8°. (Présenté par M. Marchal.)

*Études de Lépidoptérologie comparée;* fasc. XI *bis : Contributions à l'étude des grands Lépidoptères d'Australie* (*genres* Coscinocera *et* Xyleutes), par Charles Oberthür, Constant Houlbert et F.-P. Dodd. Rennes, Oberthür, 1916; 1 vol. in-4°. (Présenté par M. Bouvier.)

*Œuvres de Henri Poincaré*, publiées sous les auspices du Ministère de l'Instruction publique, par G. Darboux; t. II, publié avec la collaboration de N. E. Nörlund et de Ernest Lebon. Paris, Gauthier-Villars, 1916; 1 vol. in-4°. (Présenté par M. G. Darboux.)

Conservatoire national des Arts et Métiers. *Un effort à faire. Les industries chimiques en France et en Allemagne.* Conférences faites par M. Fleurent. Paris-Nancy, Berger-Levrault, 1915 et 1916; 2 fasc. in-16 : le premier contient un *Aperçu général sur les causes de leur développement comparatif*, le second des *Considérations sur leur développement particulier.* (Présenté par M. Th. Schlœsing.)

*Notes ptéridologiques,* par le prince Bonaparte; fascule II. Paris, imprimé par l'auteur, 1915; 1 fasc. in-8°. (Présenté par le prince Bonaparte.)

1468 *estrellas del preliminary general catalogue de Boss, cuyas posiciones aparentes figuran en las principales efemérides astronómicas,* lista redactada por D. Ignacio Tarazona Blanch. Valencia, Miguel Gimeno, 1916; 1 fasc. in-4°. (Présenté par M. Bigourdan.)

*La teoria atomistica e Sebastiano Basso con Notizie e considerazioni su William Higgins,* par Icilio Guareschi. Extrait des Mémoires de la Reale Accademia dei Lincei, serie quinta, vol. XI, fasc. VI. Roma, Pio Befani, 1916; 1 fasc. in-4°. (Présenté par M. Haller.)

*Bridge Engineering*, by J.-A.-L. Waddell. New-York, John Wiley, 1916; 2 vol. in-8°. (Présenté par M. Lecornu.)

(*A suivre.*)

## *ERRATA.*

(Séance du 13 novembre 1916.)

Rapport de M. *H. Le Chatelier :*

Page 581, lignes 22-23, et page 587, ligne 4, *au lieu de* Physikalische Reichsanstalt, *lire* Physikalisch-Technische Reichsanstalt.

Page 581, ligne 24, et page 587, lignes 2-3, *au lieu de* Technische Reichsanstalt, *lire* Königliches Material-Prüfungsamt.

(Séance du 27 novembre 1916.)

Note de MM. *Ledoux-Lebard* et *A. Dauvillier,* Recherches théoriques et expérimentales sur les bases de la dosimétrie radiologique :

Page 668 (*fig.* 1 et 2). Ces deux figures, intercalées par erreur dans la Note du 27 novembre, se rapportent à une nouvelle Note des mêmes auteurs présentée à la séance du 11 décembre 1916.

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE PUBLIQUE ANNUELLE DU LUNDI 18 DÉCEMBRE 1916.

PRÉSIDÉE PAR M. CAMILLE JORDAN.

---

En ouvrant la séance M. **Camille Jordan** prononce l'allocution suivante :

Messieurs,

L'année dernière, à pareille époque, mon prédécesseur exprimait en termes éloquents un vœu qui n'est pas complètement réalisé encore. Il ne m'est pas donné de célébrer la victoire. Mais du moins les 12 mois qui viennent de s'écouler nous ont apporté de nouvelles raisons de compter sur elle et de la vouloir complète et décisive. Sans parler des glorieux succès de nos armées, les crimes multipliés de nos ennemis sont le présage de leur défaite. Ils osent parler de liberté, d'affranchissement, lorsque sur chacune de leurs frontières gémit une nation opprimée; lorsque des populations entières sont déportées en esclavage, et qu'ils s'apprêtent à les enrôler de force dans leurs armées. Qui pourrait croire au succès final de leur entreprise, qui prétend effacer vingt siècles de christianisme pour nous ramener au régime des monarchies de Babylone. Ils invoqueront en vain leur « Vieux Dieu Allemand », sanglante idole que s'est forgée leur orgueil. Nous leur laissons ce Dieu-là. Le nôtre ne connaît pas la vieillesse et n'est pas l'apanage d'un peuple; mais c'est un Roi de justice, et avec son aide nous vaincrons.

Messieurs, ce n'est pas seulement sur les champs de bataille que la mort exerce son empire. Elle nous a cruellement frappés pendant l'année qui vient de s'écouler.

Le Dr *Léon Labbé*, né au Merlerault (Orne) en 1832, figurait depuis 1902 parmi nos membres libres et comptait parmi nos plus éminents chirurgiens. Guidé par l'expérimentation sur les animaux, encore peu usitée à l'époque de sa jeunesse, il osa se risquer, bien avant l'avènement de l'antisepsie, à des opérations justement redoutées mais dont son habileté et sa propreté méti-

culeuse assuraient le succès. Plusieurs d'entre elles sont restées célèbres et personne n'a oublié celle de « l'homme à la fourchette ». L'extirpation du larynx, qu'il pratiqua plusieurs fois avec succès, n'est pas moins remarquable.

On lui doit encore un Traité sur les tumeurs bénignes du sein, resté classique après plus de 30 ans, et des travaux importants sur l'anesthésie, dont il sut atténuer considérablement les dangers.

Élu sénateur en 1892, il conquit immédiatement auprès de ses collègues une autorité incontestée qu'il fit toujours servir au bien public. Les progrès de l'alcoolisme trouvèrent en lui un adversaire résolu. Il montra que la fièvre typhoïde est une maladie évitable, que des adductions d'eau saine peuvent prévenir et dont la vaccination, rendue obligatoire sur ses instances, a préservé notre armée.

La guerre actuelle sembla rendre un regain de jeunesse à ce vétéran de 1870. Dès la mobilisation il se mit à la disposition du service de santé, et on le vit à 82 ans, dans les journées les plus froides, courir inspecter les ambulances et les hôpitaux pour venir en aide à nos chers blessés.

M. *Émile Jungfleisch*, né à Paris en 1839, était entré en 1909 dans la Section de Chimie. On saluait en lui un des maîtres de la Chimie organique.

Sa principale découverte est la synthèse des corps doués du pouvoir rotatoire.

On avait cru longtemps à l'opposition des forces physiques et des forces vitales, celles-ci étant seules susceptibles d'engendrer les composés organiques que les autres ne peuvent que détruire.

Claude Bernard s'était élevé contre cette doctrine et Berthelot lui a donné le coup de grâce en fabriquant de toutes pièces avec des éléments purement minéraux une multitude de corps de la Chimie organique.

Toutefois, quelque multipliées que fussent devenues ces synthèses sous sa puissante impulsion, on n'avait encore réussi à reproduire aucun des corps à molécule dissymétrique, et par suite doués du pouvoir rotatoire. On pouvait croire l'intervention de la vie nécessaire pour leur donner naissance; Pasteur lui-même n'était pas éloigné de cette pensée.

En construisant de toutes pièces à partir des éléments les acides tartrique, camphorique et malique avec toutes leurs variétés, M. Jungfleisch a renversé la dernière barrière qui séparait la Chimie de la Biologie.

M. *Henri Léauté*, né à Balize (Amérique) en 1847, était entré en 1890 dans la Section de Mécanique.

Son œuvre est la meilleure réponse à ceux qui s'imaginent qu'il y a divorce entre la théorie et la pratique et que les hommes de science sont inutiles, sinon nuisibles aux progrès de l'industrie.

Il débuta par des travaux d'Analyse pure, mais ne tarda pas à se consacrer tout entier à la Mécanique.

La transformation d'un mouvement donné en un autre mouvement également donné est un problème de tous les jours; sa réalisation rigoureuse, qui semble facile, se heurte à des difficultés pratiques. M. Léauté, suivant les traces de notre illustre associé M. Tchebychev, préféra à bon droit les solutions approchées en substituant à la courbe à décrire l'arc de cercle le plus voisin; il apprit à le déterminer.

La transmission de la force à grande distance par câbles joue un grand rôle dans l'industrie moderne. Mais dans le calcul des règles à suivre, on avait négligé de faire intervenir divers éléments importants. Il en résultait de graves mécomptes. Dans un Mémoire étendu, devenu aussitôt classique, M. Léauté résolut complètement cette question difficile.

Ses recherches sur les régulateurs ne sont pas moins importantes. Elles ont eu pour résultat l'invention d'un appareil fort simple, applicable à un régulateur quelconque et permettant de faire varier à volonté la vitesse de régime et le degré de l'isochronisme.

Les oscillations à longue période, si dangereuses dans les machines hydrauliques, ont été également l'objet des études de M. Léauté. Il en a découvert la cause et indiqué le moyen de les éviter.

M. *Pierre Duhem*, né à Paris en 1861, a été longtemps Correspondant de notre Académie avant d'être élu Membre non résident en 1913.

D'une fécondité singulière, il laisse derrière lui une œuvre considérable embrassant les parties les plus diverses de la Physique théorique.

Son but constant était de contribuer à la constitution d'une science qui réunît dans une harmonieuse synthèse et sous des lois mathématiques communes les principes découlant de l'expérience dans les branches les plus variées de la philosophie naturelle, Mécanique, Thermodynamique, Optique, Électricité, Magnétisme.

Nulle part il n'a cherché à déduire *a priori* les phénomènes naturels d'hypothèses préconçues sur la constitution de la matière et de ses mouvements; il préférait se tenir sur le terrain des faits bien observés. L'évolution de ces théories l'intéressait toutefois si vivement, que de philosophe il devint historien. Il a consacré à cette étude plusieurs Livres pleins d'intérêt. Le principal est une Histoire des théories astronomiques jusqu'à

Copernic. Dans cet Ouvrage considérable on ne sait qu'admirer davantage, de la vaste érudition de l'auteur ou de son immense labeur. Il y fait revivre plusieurs noms de savants du Moyen Age bien injustement oubliés, car ils furent de vrais précurseurs, et met en pleine lumière le rôle glorieux de l'Université de Paris du XIIIe au XVe siècle.

Cet Ouvrage devait comporter 10 Volumes dont 4 avaient déjà été publiés coup sur coup, avec une rapidité que la guerre n'avait pas ralentie. La mort a été moins clémente.

On doit toutefois espérer que les Tomes 5 et 6, confiés par sa fille aux soins pieux de l'Académie, échapperont au naufrage et pourront paraître bientôt.

M. *Gosselet*, né à Cambrai en 1832, Membre non résident de notre Académie depuis 1910, était le doyen des géologues français. Arrivé à Lille en 1864 dans une Faculté sans laboratoire, sans collections, sans élèves, il réussit par sa persévérance à en faire le centre le plus important des études géologiques dans nos provinces. Ses études sur le nord de la France, poursuivies pendant 50 années, sont un modèle de monographie. Elles se sont montrées aussi utiles aux progrès de l'industrie qu'à ceux de la Science. Lorsque, devançant Marcel Bertrand, il établissait que l'Ardenne méridionale, glissant le long d'une faille inclinée, venait chevaucher sur la région du Nord, il ne donnait pas seulement le premier exemple de ces charriages qui devaient expliquer tant de choses en Géologie, mais il permettait l'ouverture de nouvelles mines. Lorsqu'il déterminait par une série de courbes de niveau l'allure en profondeur des diverses couches de la région, il fournissait aux industriels les moyens de se procurer dans le sous-sol les eaux qui faisaient défaut à la surface.

Au moment de l'invasion il ne voulut pas abandonner ses chères collections à la rapacité de l'ennemi. C'est en veillant sur elles (une explosion les avait bouleversées) qu'il contracta le germe de la maladie qui l'a emporté.

M. *Richard Dedekind*, né à Brunswick en 1831, Associé étranger depuis 1910, est mort chargé d'années, laissant une œuvre mathématique de premier ordre à laquelle son nom restera toujours attaché.

Le champ de l'Arithmétique était resté borné jusqu'au siècle dernier au système des nombres entiers. Gauss l'a étendu le premier par l'adjonction des entiers complexes de la forme $a+bi$, qu'il a montrés soumis aux mêmes lois.

On était dès lors porté à l'étude des entiers formés avec les racines d'une

équation algébrique quelconque. Mais une difficulté singulière semblait former un obstacle infranchissable à la recherche. Le théorème fondamental d'Euclide, d'après lequel un nombre entier ne peut être décomposé que d'une seule manière en un produit de facteurs premiers cessait d'être vrai.

M. Kummer avait surmonté cette difficulté par des considérations ingénieuses dans le cas particulier des entiers formés avec les racines de l'unité. Mais il était réservé à M. Dedekind de donner la solution générale.

Il reconnut tout d'abord la nécessité de modifier la définition des nombres entiers de manière à lui faire embrasser certains nombres d'apparence fractionnaire.

Il remplace ensuite la considération du nombre donné par celle du système de ses multiples, qu'il nomme son *idéal*.

A ces *idéaux principaux* il joint des *idéaux secondaires* obtenus par leur réunion.

Ayant ensuite défini convenablement la multiplication de ces idéaux, il montre que le théorème d'Euclide leur est applicable.

L'importance de ce beau théorème ne saurait être exagérée. Il ouvre aux recherches des géomètres un immense domaine.

M. *Elie Metchnikoff*, né en 1845 aux environs de Kharkow, Associé étranger depuis 1912, était Russe; mais un séjour en France de 30 ans à l'Institut Pasteur nous permet de revendiquer quelque part à la gloire qui s'attache à son nom.

Ses premiers travaux sont relatifs à l'étude de l'embryogénie d'animaux marins peu connus en dehors des spécialistes et à leurs étranges métamorphoses qui masquaient bien souvent leur véritable nature. Mais nous devons nous hâter de passer à sa découverte capitale. Il la dut à un hasard heureux comme celui qui, suivant la légende, aurait révélé à Newton l'attraction universelle.

Il découvrit un jour une Planaire dont l'intestin, au lieu d'être un tube, était formé d'une masse de cellules, pleines d'aliments à moitié digérés. Ce petit fait, découvert par un autre, fût sans doute resté une observation isolée et d'un mince intérêt. Mais l'esprit pénétrant de Metchnikoff sut en deviner les conséquences.

Il retrouva la même disposition dans les embryons de diverses espèces, ce qui battait en brèche la fameuse théorie de la Gastrula, introduite par Hœckel et généralement acceptée à cette époque.

En outre, la digestion, au lieu de se faire à la manière habituelle par sécrétion de sucs qui dissolvent les aliments et leur permettent d'être absorbés à l'état liquide, ne pouvait se produire ici que par capture des

éléments solides par les cellules qui les digèrent à leur intérieur. C'était un processus physiologique nouveau, dont M. Metchnikoff constata la généralité. Par une longue suite de recherches il arriva enfin à établir qu'il existe dans l'intérieur des corps vivants des cellules errantes douées de cette faculté de digestion intracellulaire. Leur rôle est multiple : 1° dans la métamorphose, ils résorbent les organes larvaires devenus inutiles; 2° ils détruisent les tissus altérés ou vieillis; 3° ils livrent bataille aux microbes qui attaquent l'organisme.

Telles sont chez l'homme les fonctions des globules blancs du sang. L'inflammation n'est qu'une réaction de l'organisme due à leur multiplication.

M. Metchnikoff s'est encore attaqué à diverses maladies, la syphilis, le choléra infantile. Il a réussi à les communiquer à des animaux, permettant ainsi de les soumettre à l'expérimentation. C'est le premier pas vers leur guérison, comme Pasteur l'a montré pour la rage.

M. Metchnikoff avait des visées plus hautes encore. Il voulait combattre la sénilité, dont il voyait les causes dans les poisons sécrétés par les microbes de l'intestin; il proposait pour les détruire l'action de l'acide lactique. Quand et dans quelle mesure pourra-t-on voir la réalisation de ces espérances hardies ? C'est le secret de l'avenir.

Sir *William Ramsay*, né à Glasgow en 1852, était Associé étranger depuis 1910.

Ses remarquables travaux sur les questions difficiles de la Physicochimie, son habileté opératoire et la précision de ses analyses avaient depuis longtemps conquis le suffrage des connaisseurs lorsqu'en 1894 une découverte éclatante qu'il fit en commun avec Lord Rayleigh vint mettre le sceau à sa réputation.

La surprise des chimistes fut grande lorsqu'ils durent reconnaître que cette atmosphère, si souvent analysée par eux, contenait dans la proportion de 1 pour 100 quatre gaz nouveaux dont ils avaient méconnu la présence. Leur excuse était que ces gaz, rebelles à toute combinaison, pouvaient difficilement être décelés par leurs réactifs.

L'analyse spectrale avait fait découvrir, dans l'atmosphère solaire, la présence d'un élément inconnu, l'*hélium*. Sir William Ramsay le retrouva dans quelques minéraux terrestres d'où il se dégage sous l'influence de la chaleur.

Ce n'était là qu'un prélude à la découverte la plus extraordinaire qui ait été faite en chimie depuis Lavoisier.

Tout le monde connaît le radium. Ce corps étrange dégage incessamment

de la lumière et de la chaleur sans subir de modification sensible. Il rend toutefois phosphorescents les vases où il est enfermé. Ce phénomène est dû au dégagement extrêmement lent d'un gaz nouveau, l'*émanation*, qui lui-même ne tarde pas à se transformer en hélium.

La transmutation des corps les uns dans les autres, si vainement poursuivie par les anciens alchimistes, se trouvait ainsi réalisée pour la première fois.

D'expériences postérieures de Sir William Ramsay il semblerait résulter que, sous l'influence de l'émanation, des phénomènes analogues se produisent dans les métaux usuels, mais dans un sens contraire à celui que désiraient les chercheurs de la pierre philosophale. Le cuivre se change en lithium et le plomb en charbon.

M. *Guido Baccelli*, né à Rome en 1832, Correspondant dans la Section de Médecine, était l'un des représentants les plus éminents de la Chirurgie italienne. On lui doit des études classiques sur les anévrismes, un procédé nouveau d'auscultation, une méthode nouvelle de traitement du tétanos. Le premier il a osé injecter les médicaments directement dans les veines pour rendre leur action plus prompte. Ce procédé hardi, imité depuis, a été justifié par de brillants succès. Il lui a permis de guérir des cas désespérés de fièvres pernicieuses.

Successivement député, sénateur, ministre à plusieurs reprises, il a joué un rôle important dans toutes les questions concernant l'Instruction publique et l'Hygiène. L'assainissement de la campagne Romaine, désolée par la malaria, est en grande partie son œuvre.

M. *Oscar Backlund*, directeur de l'Observatoire de Poulkovo, né en Suède en 1846, était depuis 1895 Correspondant de notre Académie dans la Section d'Astronomie.

La théorie des perturbations planétaires l'avait particulièrement occupé. Son œuvre principale est l'étude approfondie de la comète célèbre observée pour la première fois par Méchain en 1786, retrouvée par Pons en 1819 et dont Encke établit le caractère périodique. Les anomalies de son mouvement semblaient déceler la présence d'un milieu résistant dans les régions voisines du Soleil.

Il résulte des recherches de M. Backlund que ce milieu résistant, au lieu d'être continu comme on l'avait supposé, serait localisé dans certaines régions. Son analyse fournit également une nouvelle détermination de la masse de Mercure.

M. *Édouard Heckel*, né à Toulon en 1843, Correspondant dans la Section d'Économie rurale depuis 1907, a créé l'Institut colonial de Marseille.

L'étude et l'utilisation des plantes des pays tropicaux a été l'objet de ses constants travaux. Il fut le premier à signaler à l'attention des propriétés de la Kola. On lui doit également l'introduction de plusieurs plantes utiles, des Araucaria à la Nouvelle-Calédonie, de l'Igname du Japon dans les terrains marécageux de la Vienne, etc.

M. *Maupas*, né à Vaudry (Calvados) en 1842, Correspondant dans la Section d'Anatomie et Zoologie depuis 1901, s'est fait remarquer par la rigoureuse précision de ses expériences sur les animalcules qu'il étudiait. Parmi les faits qu'il a constatés et qui éclairent d'un jour nouveau des problèmes importants de Biologie, nous citerons les suivants :

Les Infusoires sont susceptibles de se multiplier par division de leur corps. Après un nombre limité de ces générations, déterminé pour chaque espèce, la colonie dégénère et finit par périr. Mais si avant la dégénérescence on introduit dans la culture des individus d'une autre origine, ils s'accouplent aux précédents; et cette fusion produit un nouvel être rajeuni, susceptible de parcourir le cycle entier des générations successives par division.

Le cas des Rotifères est plus singulier encore. Au printemps ils n'ont pas de sexe et se reproduisent par des œufs non fécondés. Mais la chaleur est plus puissante que le Parlement d'Angleterre. Dès que la température atteint 18°, chiffre bien déterminé, ces Rotifères deviennent brusquement femelles. Les nouveaux œufs qu'ils produisent alors, très différents des précédents, donnent naissance à des mâles. De l'union des mâles et des femelles résulte un dernier œuf dont l'embryon s'enkyste et devient susceptible de franchir la mauvaise saison.

M. le général *Joseph-Simon Gallieni*, né à Saint-Béat en 1849, Correspondant dans la Section de Géographie depuis 1899, est mort au moment où nous allions nous l'associer par un lien plus étroit.

Successivement explorateur au Soudan occidental, commandant supérieur du Haut Sénégal, commandant du territoire du Tonkin, gouverneur général de Madagascar, son nom restera dans l'Histoire comme celui du principal créateur de notre empire colonial.

C'est lui qui soumit le Haut Sénégal jusque-là inexploré; sous ses auspices la mystérieuse Tombouctou fut atteinte et occupée. Mais c'est à Madagascar qu'il put donner toute sa mesure.

Il avait trouvé cette grande colonie en pleine révolte; il la laissa pacifiée et sur la voie de la prospérité. Routes, chemins de fer, développement de l'instruction et du commerce, établissement de la Carte de l'île, étude des ressources qu'elle peut offrir, sa prévoyance n'avait rien oublié.

Mais ce n'est pas seulement comme explorateur et colonisateur que le

général Gallieni a bien mérité de la France. Qui ne se rappelle que, chargé dans un instant critique de la défense de Paris, il sut par son énergie ranimer les courages ébranlés, préserver la cité de l'invasion, et enfin, par une manœuvre hardie, refouler l'ennemi?

Ministre de la guerre il sut donner une impulsion nouvelle à la défense nationale. Mais sa santé ébranlée ne put soutenir ce nouveau fardeau et il tomba victime de son devoir.

Qu'il me soit permis de clore cette funèbre énumération par une réflexion consolante.

Un peuple qui, cultivant la Science sans épithéte, peut sans trop s'appauvrir supporter de telles pertes en une seule année, n'est pas aussi dégénéré que voudrait le faire croire une nation voisine, aussi experte à s'approprier nos découvertes qu'à falsifier nos marques de fabrique. Or un coup d'œil rapide jeté sur les douze Correspondants élus cette année suffit à montrer que les mains de nous manqueront pas pour ramasser le flambeau.

M. *de la Vallée Poussin* établit la loi de fréquence des nombres premiers et généralise la notion de l'intégrale.

M. *Liapounoff* approfondit les conditions de l'équilibre stable et détermine les figures variées que peut prendre une masse fluide en rotation.

M. *Ariès* ramène l'Energétique à des principes simples et généraux.

M. *Gonnessiat* établit des Catalogues d'étoiles, détermine la constante de la précession, reprend la mesure de l'arc du Pérou, titre de gloire de nos astronomes du XVIII<sup>e</sup> siècle.

M. *Walden* découvre l'inversion optique et la produit à son gré.

M. *Ramon Cajal* change par ses observations sur les neurones toutes nos conceptions sur le fonctionnement du système nerveux.

M. *Boulanger* établit les règles de classification des reptiles.

M. *Bataillon* éclaire d'un jour nouveau les métamorphoses et le développement de l'œuf; ses expériences sur la parthénogenèse traumatique le conduisent à des résultats surprenants et d'une haute portée.

M. *Yersin*, après avoir secondé notre confrère, M. Roux, dans ses recherches sur le traitement de la diphtérie, s'attaque à la peste; il découvre son mode de propagation et le sérum qui la guérit.

M. *Morat* fixe l'étiologie du mal perforant; ses recherches sur la contraction musculaire font autorité.

M. *Depage* étudie les ptoses viscérales, et les généralisations tuberculeuses qui succèdent aux opérations.

Enfin, M. *Bergonié* s'est signalé par une étude approfondie des applications des agents physiques à l'art de guérir. On lui doit à cet égard des instruments précieux, parmi lesquels il nous suffira de signaler l'électrovibreur, qui rend tant de services dans nos hôpitaux. M. Bergonié a d'ailleurs été victime de son dévouement, ayant perdu deux doigts brûlés par les rayons X.

On voit par ces exemples que la science ne périclite pas parmi nous et que l'Académie n'aura que l'embarras du choix le jour prochain, je l'espère, où elle reprendra son recrutement suspendu depuis la guerre.

Elle a poursuivi cette année les œuvres d'assistance et de propagande entreprises par elle dès le début de la guerre. Elle n'a également cessé de concourir à la défense nationale autant que ses moyens le lui permettaient, tant dans les Commissions établies dans son sein que dans celles constituées aux Ministères. Ses membres y ont pris la part la plus active, un seul d'entre eux ayant rédigé 220 rapports dans le courant de cette année.

Elle ne pouvait en tant que corps instituer des expériences, ne possédant aucun laboratoire. Mais plusieurs d'entre nous en ont à leur disposition et se sont empressés de les utiliser pour la défense nationale.

On comprendra qu'il me soit interdit d'exposer les résultats qu'ils ont obtenus.

Je puis annoncer toutefois que l'Académie, jugeant qu'il convenait de s'occuper d'avance des mesures à prendre après la guerre, a constitué pour cette étude une Commission qui poursuit activement ses travaux. Un premier résultat a été acquis.

L'Académie, constatant avec regret que notre industrie s'est laissé distancer par celle des nations voisines, faute de posséder comme ces dernières un organe central ayant pour mission l'étude désintéressée des sciences nécessaires aux progrès de l'industrie a émis le vœu qu'il fût établi un laboratoire central de Physique et de Mécanique, fonctionnant sous sa direction et son contrôle.

Une autre question non moins importante est celle des mesures à prendre pour réaliser les progrès que réclame notre agriculture nationale. Un rapport sur ce grave sujet, rédigé par notre éminent confrère M. Tisserand et dont nous avons adopté les conclusions à l'unanimité, vient d'être publié. Il sera transmis aux Pouvoirs publics.

Messieurs, avant de donner la parole à M. le Secrétaire perpétuel pour la proclamation des prix, j'appellerai encore votre attention sur les travaux particulièrement intéressants de quelques-uns de nos lauréats. Je citerai

notamment la remarquable expérience de M. Torres y Quevedo, de l'Académie de Madrid, commandant à distance les évolutions d'un navire en rade de Bilbao; et les recherches par lesquelles MM. Fabry, Buisson et Bourget ont pu déterminer la température de la nébuleuse d'Orion et le poids atomique de deux gaz inconnus, que l'analyse spectrale y a fait découvrir. Son éloignement n'a donc pas suffi pour la protéger contre notre curiosité.

Personne n'ignore les admirables explorations de Sir Ernest Shackleton dans le continent austral. Tous nous avons partagé son anxiété sur le sort de ses compagnons et nous avons applaudi à leur délivrance, due à ses efforts héroïques, inlassablement poursuivis.

Hélas! plusieurs de nos lauréats ne sont plus là pour recevoir le prix qu'ils avaient mérité : Sans parler de notre éminent confrère M. *Amagat* à la mémoire duquel nous avons décerné le prix Jean Raynaud, MM. *Bauer*, *Couturat*, *Gérard*, *Hébert* et *Marrec* manquent à l'appel; une mort glorieuse est échue à MM. *Bongrand*, *Chaumont*, *Gerard*, *Longchambon*, *Millant*, qui ont été tués à l'ennemi. M. *Lemoult*, l'un des maîtres incontestés de la Thermochimie, sur qui l'on comptait tant pour assurer le relèvement de nos départements envahis, a péri victime de l'explosion de La Palice. Enfin, M. *Gateaux*, naguère élève de l'École normale, puis disciple de notre illustre Correspondant M. le sénateur Volterra, qui en avait reconnu la haute valeur, est aussi mort pour la France, trompant les légitimes espérances que suscitaient ses premiers travaux.

Je donne la parole à M. le Secrétaire perpétuel, pour la proclamation des prix.

# PRIX DÉCERNÉS.

## ANNÉE 1916.

## MATHÉMATIQUES.

### PRIX FONDÉ PAR L'ÉTAT.

#### GRAND PRIX DES SCIENCES MATHÉMATIQUES.

(Commissaires : MM. Jordan, Émile Picard, Appell, Painlevé, Humbert, Hadamard, Boussinesq, Vieille; Darboux, rapporteur.)

L'Académie avait mis au concours la question suivante :

*Appliquer les méthodes d'Henri Poincaré à l'intégration de quelques équations différentielles linéaires, algébriques, choisies parmi les plus simples.*

Aucun Mémoire n'a été déposé au Secrétariat.

La Commission vous propose de décerner un prix de *deux mille francs* à M. **N. E. Nörlund**, professeur à l'Université de Lund, particulièrement pour ses travaux sur les équations linéaires aux différences finies.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

### PRIX BORDIN.

(Commissaires : MM. Jordan, Émile Picard, Appell, Painlevé, Humbert, Hadamard, Boussinesq, Vieille; Darboux, rapporteur.)

Lorsqu'on examine des questions très diverses, en apparence, de Géométrie infinitésimale, on est surpris de retrouver dans leur solution des

courbes gauches dont la définition est toujours la même. Réelles ou imaginaires, algébriques ou transcendantes, ces courbes sont caractérisées par cette propriété que la *torsion* y prend la même valeur en chacun de leurs points. Elles apparaissent dans la détermination des surfaces applicables sur le paraboloïde de révolution; elles sont les lignes asymptotiques des surfaces à courbure totale constante; enfin, un de nos correspondants, M. E. Cosserat, a montré, dans un élégant travail, que leur étude est étroitement liée à celle des *surfaces minima* circonscrites à une sphère.

Dans son Enseignement et dans la première partie de ses *Leçons sur la théorie générale des surfaces*, parue en 1887, votre Rapporteur avait signalé l'intérêt que présente l'étude de cette classe de courbes et il avait invité les géomètres à déterminer, si possible, celles d'entres elles qui sont réelles et algébriques. Les coordonnées d'un point variable d'une telle courbe étant déterminées par des formules telles que les suivantes :

$$x = \tau \int \frac{l\,dk - k\,dl}{h^2 + k^2 + l^2}, \qquad y = \tau \int \frac{h\,dl - l\,dh}{h^2 + k^2 + l^2}, \qquad z = \tau \int \frac{k\,dh - h\,dk}{h^2 + k^2 + l^2},$$

le problème à résoudre pouvait s'énoncer de la manière suivante :

*Déterminer pour h, k, l des fonctions algébriques d'un paramètre t telles que les trois intégrales précédentes soient algébriques.*

Sous cette forme, il a été étudié par divers géomètres. Dans sa thèse, soutenue en 1890, *Sur les courbes à torsion constante*, M. I. Lyon a fait connaître une première solution du problème, donnée par une cubique imaginaire dont les deux courbures sont constantes. La même année, dans un Mémoire inséré aux *Annales de l'École Normale supérieure* (3e série, t. VII), M. Fouché publiait sur le même sujet des résultats dignes d'intérêt et ramenait la solution du problème à celle de l'équation

$$\frac{dv}{du} = (v - u)^2 \frac{d^3 w}{du^3},$$

où $v$ et $w$ devaient être des fonctions algébriques de $u$. Enfin, dans une Note parue en 1892 dans les *Comptes rendus* et dans un *Mémoire* inséré en 1892 au Tome IX des *Annales de l'École Normale supérieure*, M. E. Fabry donnait pour la première fois quatre exemples distincts de courbes à torsion constante, unicursales et réelles.

En mettant au concours pour l'année 1915 la question suivante :

*Réaliser un progrès notable dans la recherche des courbes à torsion con-*

*stante; déterminer, s'il est possible, celles de ces courbes qui sont algébriques, tout au moins celles qui sont unicursales,*

l'Académie pouvait donc, à bon droit, espérer qu'elle provoquerait des recherches intéressantes sur un problème dont la nouveauté et la difficulté avaient déjà provoqué des essais d'une réelle valeur. En raison des circonstances, elle avait décidé, en 1915, de proroger le Concours et d'autoriser les concurrents à déposer leurs Mémoires jusqu'au 31 décembre 1915. Son attente n'a pas été trompée et elle a reçu trois Mémoires développés. Si deux d'entre eux ont dû, sans doute, être rédigés d'une manière un peu rapide, leurs auteurs ayant été appelés à remplir leurs devoirs militaires, il a paru à votre Commission qu'ils méritaient néanmoins d'être retenus et récompensés.

Le Mémoire n° 1 porte pour devise : *La Géométrie est une harmonie*. Il a pour auteur M. **Georges Darmois** qui avait déjà publié le 22 décembre 1913, dans les *Comptes rendus*, une Note *sur les courbes algébriques à torsion constante*. Le Mémoire de M. Darmois ajoute beaucoup aux résultats contenus dans cette Note. Si l'auteur y a étudié surtout les courbes unicursales, son travail contient néanmoins des propositions importantes relatives à celles de ces courbes qui sont algébriques. Votre Commission vous propose d'accorder à M. **Darmois** une mention honorable de *mille francs*.

Le Mémoire n° 2 a pour auteur M. **Bertrand Gambier** qui, lui aussi, avait publié au cours du premier trimestre de 1914, plusieurs Notes sur le problème proposé par l'Académie (voir nos *Comptes rendus*, 1^er^ semestre de 1914). Ce travail est très développé; nous y avons remarqué, en dehors du développement des propositions contenues dans les Notes déjà publiées, une méthode élégante pour obtenir, presque sans calcul, une infinité de courbes unicursales à torsion constante. Il est vrai que ces courbes sont imaginaires; mais on sait que ces courbes imaginaires doivent intervenir dans la solution des différents problèmes de Géométrie infinitésimale où doivent figurer des courbes à torsion constante, par exemple dans la détermination des surfaces réelles applicables sur le paraboloïde de révolution.

Votre Commission vous propose d'accorder également à M. **Gambier** une mention honorable de *mille francs*.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

## PRIX PONCELET.

(Commissaires : MM. Jordan, Émile Picard, Appell, Painlevé, Humbert, Hadamard, Boussinesq, Vieille; Darboux, rapporteur.)

La Commission vous propose de décerner le prix à M. **Charles de la Vallée Poussin**, professeur à l'Université de Louvain, Correspondant de l'Académie, pour l'ensemble de ses travaux mathématiques.

## PRIX FRANCOEUR.

(Commissaires : MM. Jordan, Émile Picard, Appell, Painlevé, Humbert, Darboux, Boussinesq, Vieille; Hadamard, rapporteur.)

**René-Eugène Gateaux** est entré, en 1907, à l'École Normale supérieure. A sa sortie, il fut un de ceux qui, inaugurant une tradition à laquelle nous ne saurions trop applaudir, allèrent à Rome se former aux méthodes et aux théories de M. Volterra. Notre Confrère fut dès l'abord frappé des belles qualités scientifiques de Gâteaux et nous a personnellement fait connaître la haute estime en laquelle il tient son talent.

De fait, le jeune travailleur trouva de beaux sujets d'investigation dans le champ vaste et encore mystérieux du Calcul fonctionnel, dont les difficultés mêmes l'inspirèrent heureusement.

Dans une série de Notes insérées dans nos *Comptes rendus* et dans ceux de l'Académie des *Lincei*, il s'appliqua à compléter les résultats relatifs à la représentation des fonctionnelles, en particulier celui qu'avait donné M. Fréchet sur l'approximation par ce qu'on a appelé les *fonctionnelles d'ordre entier* ou *polynomes fonctionnels*. Il le précise par l'indication des conditions de convergence uniforme et du choix du polynome de meilleure approximation, et l'applique aux fonctionnelles satisfaisant à la condition du cycle fermé, dont l'importance a été mise en évidence par M. Volterra.

Mais, en dernier lieu, en même temps qu'il revenait sur ce sujet pour y retrouver l'analogue fonctionnel de la notion de fonction analytique, il allait s'engager dans une voie beaucoup plus audacieuse et qui promettait d'être des plus fécondes, en étendant au domaine fonctionnel la notion d'intégration. Nul ne peut prévoir le développement et la portée qui

auraient pu être réservés à cette nouvelle série de recherches. C'est elle qui a été interrompue par les événements.

GATEAUX partit comme sous-lieutenant au 69e d'infanterie; il tomba des premiers pour la France, au combat de Rouvroy (P.-de-C.), le 3 octobre 1914.

La Commission vous propose de lui décerner le prix Francœur pour ses travaux sur le Calcul fonctionnel.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

## MÉCANIQUE.

### PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Deprez, Léauté, Sebert, Vieille, Schlœsing père, Haton de la Goupillière, Bertin; Lecornu, rapporteur.)

M. E. MÉRIGEAULT, professeur à l'École des Mines de Saint-Étienne, a publié en 1913 un Volume intitulé *Théorie des ventilateurs et pompes centrifuges*. Prenant comme point de départ les travaux antérieurs de M. Rateau, l'auteur analyse avec une grande clarté les propriétés assez complexes de cette catégorie d'appareils. Il étudie successivement l'influence du circuit extérieur, celle de la vitesse de rotation, celle de la forme et des dimensions. Il compare les divers modes d'emploi et montre en particulier par une discussion délicate que, si la vitesse est comprise entre deux limites nettement spécifiées, un ventilateur peut fonctionner avec courant centripète, le problème comportant alors deux solutions; que si la vitesse n'atteint pas la limite inférieure, le courant centripète est encore possible, mais avec une seule solution; enfin, que si la vitesse dépasse la limite supérieure le courant centripète ne peut plus exister. L'Ouvrage se termine par l'examen de ce qui arrive quand on accouple parallèlement deux ventilateurs. On a souvent observé, dans l'emploi des ventilateurs ainsi groupés, des anomalies capables de compromettre, par exemple, l'aérage d'une mine. M. Mérigeault montre les moyens de prévoir et d'éviter cet inconvénient. Sa théorie est donc susceptible d'importantes applications.

On doit également à M. Mérigeault une *Théorie des moteurs à gaz et à pétrole*, parue en 1905 dans les *Annales des Mines*. Ainsi qu'il le fait observer dans l'Introduction, on a trop souvent traité ce sujet par des méthodes qui sont en flagrante opposition avec les lois fondamentales de la Thermodynamique. On a, notamment, appliqué indûment le principe de Carnot. La théorie proposée échappe à cette critique. Entièrement basée (comme celle, antérieure, de M. Marchis) sur le principe de l'Équivalence, elle conduit, de la manière la plus simple, à une évaluation correcte du rendement; elle montre bien l'influence de la compression préalable et celle de la vitesse de combustion. Elle confirme le fait, établi dès 1902 par l'auteur du présent Rapport, que, si l'on néglige les pertes de chaleur à travers les parois du cylindre et si l'on ne s'impose aucune limite de pression, la combustion instantanée est la plus avantageuse. Ce travail est complété par un Appendice où il est établi qu'on peut concevoir, pour un moteur à gaz, des cycles ayant un rendement supérieur à celui du cycle de Carnot, limité aux mêmes températures. Ce résultat ne contredit nullement la Thermodynamique classique; mais il prouve quelle imprudence on commet quand on prétend comparer le cycle d'un moteur à combustion interne avec celui de Carnot, alors qu'un pareil cycle n'est pas fermé et ne reçoit de chaleur d'aucune source extérieure.

En octobre 1912, dans deux Notes insérées aux *Comptes rendus*, M. Mérigeault est revenu sur la question de l'influence de la vitesse de combustion. Il a montré que, si des considérations de résistance des matériaux limitent la pression admissible dans le cylindre, on a intérêt, après avoir poussé la compression préalable aussi loin que possible, à effectuer une combustion instantanée *partielle*, jusqu'à l'obtention de la pression limite, et à achever ensuite la combustion à pression constante. C'est à peu près ce qui se passe dans le moteur Diesel, et, à ce propos, on ne peut s'empêcher de remarquer que Diesel, partant d'une croyance erronée à l'avantage de la combustion isothermique, que des difficultés pratiques l'ont empêché de réaliser, est arrivé, à force de tâtonnements, à faire précisément ce que commandait la saine théorie.

On voit que M. **Mérigeault** a su porter la lumière dans diverses questions intéressant au plus haut point les applications de la Mécanique. C'est pourquoi la Commission propose d'attribuer à cet ingénieur le prix Montyon (Mécanique).

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

## PRIX FOURNEYRON.

(Commissaires : MM. Deprez, Léauté, Sebert, Vieille, Lecornu, Schlœsing père, Haton de la Goupillière, Bertin ; Boussinesq, rapporteur.)

Le prix devait être décerné, en 1916, *à l'auteur des perfectionnements les plus importants apportés aux moteurs des appareils d'aviation.*

Aucun candidat ne s'est présenté.

La Commission vous propose de maintenir le même sujet au concours et de proroger celui-ci à l'année 1918.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

## PRIX H. DE PARVILLE.

(Commissaires : MM. Boussinesq, Deprez, Léauté, Sebert, Vieille, Lecornu, Schlœsing père, Haton de la Goupillière, Bertin; Appell, rapporteur.)

M. **Leonardo Torres y Quevedo**, membre de l'Académie des Sciences de Madrid, s'est avant tout consacré à cette partie de la Mécanique appliquée qu'on peut appeler la science des mécanismes et s'y est signalé par un grand nombre d'inventions très importantes et très curieuses.

Ses plus anciens travaux dans cette voie, ceux qui ont peut-être le plus contribué à sa notoriété, se rapportent aux *machines à calculer*. Ainsi que M. Torres en a lui-même fait la remarque, la façon dont il a, dans cette première série de recherches, envisagé la question du calcul mécanique n'est pas, au point de vue philosophique, sans quelque parenté avec celle qui est employée dans les méthodes du calcul graphique.

De même qu'en nomographie on établit certaines relations de position entre des éléments géométriques pris dans certains systèmes cotés, de façon que l'ensemble des cotes de ces systèmes satisfasse à une relation analytique donnée; de même M. Torres réalise une liaison mécanique entre des éléments mobiles, dont les déplacements se lisent le long de certaines échelles graduées, de façon que l'ensemble de ces déplacements satisfasse aussi à une relation donnée.

Dans un important Mémoire paru dans le *Recueil* de notre Académie,

dit *des Savants étrangers* (1901), M. Torres a exposé, d'une façon générale, les principes sur lesquels sont fondées ses machines à calculer; il a fait voir que toute relation analytique entre un nombre quelconque de variables était susceptible d'une représentation mécanique ainsi entendue.

Dans le rapport consacré à ce Mémoire, qui a été présenté à l'Académie le 2 avril 1900, nous avons déjà fait remarquer que ce point de vue était, en quelque sorte, inverse de celui de Lagrange dans sa *Mécanique analytique*. M. Torres a d'ailleurs réalisé lui-même l'application de ces principes, sous la forme la plus ingénieuse, dans sa machine à résoudre les équations algébriques dont une première variante a figuré quelque temps au Laboratoire de Mécanique de la Faculté des Sciences. Il l'a d'ailleurs sensiblement perfectionnée depuis lors.

Il a de même donné une solution entièrement générale, au point de vue théorique, du problème consistant à obtenir toutes les intégrales particulières d'une équation différentielle quelconque, pour des conditions initiales données, et construit l'appareil dérivant de ces principes pour un type spécial d'équation différentielle du premier ordre.

Depuis lors, M. Torres a envisagé la question du calcul mécanique sous un tout autre jour, en s'efforçant de constituer un automate susceptible d'exécuter n'importe quelle suite de calculs, préalablement fixée, sur des nombres donnés, sans aucune intervention extérieure à partir du moment où le mécanisme est mis en mouvement. C'est à un tel problème, particulièrement ardu, que s'était appliqué jadis Babbage dont la tentative, très intéressante en théorie, n'avait pas pratiquement abouti. Grâce à un emploi judicieux des ressources de l'électromécanique, dont, à ce point de vue, les applications offrent plus de souplesse que celle de la pure mécanique, M. Torres semble aujourd'hui sur la voie de vaincre toutes les difficultés du problème; c'est, au moins, ce que laissent espérer les premiers essais, déjà très dignes d'attention par eux-mêmes, auxquels il s'est livré dans cette voie.

Cette évolution dans la méthode suivie par le savant ingénieur espagnol lui a été suggérée par les remarquables recherches qu'il a poursuivies dans une autre direction, en s'efforçant d'appliquer les ondes hertziennes à la commande des mécanismes à distance. Le principe de sa méthode a été présenté par lui à notre Académie et un modèle rudimentaire a fonctionné d'une extrémité à l'autre de la salle des Séances. L'appareil nommé par lui *télékine*, au moyen duquel il a, le premier, réussi à donner une solu-

tion pratique de cette intéressante question, lui a permis notamment, à partir d'un poste de commande placé sur la terre ferme, de faire évoluer à sa guise un bateau en rade de Bilbao.

Cette suite de travaux a conduit M. Torres à donner une extension considérable à cette partie très spéciale de la Mécanique appliquée qui a reçu le nom d'*Automatique*. Une remarquable étude qu'il a publiée en 1914 dans la *Revista de la Real Academia de Ciencias* de Madrid, et dont une traduction a paru en 1915 dans la *Revue générale des Sciences*, contient l'exposé des principes sur lesquels est fondée cette extension grâce à laquelle, au moins au point de vue purement théorique, « il est toujours possible de construire un automate dont tous les actes dépendent de certaines circonstances plus ou moins nombreuses, suivant des règles qu'on peut imposer arbitrairement au moment de la construction ».

La plus éclatante démonstration, par le fait, de la validité de ces principes est sans doute fournie par l'extraordinaire *joueur d'échecs automatique* que nous avons pu voir fonctionner, au printemps de 1914, dans le Laboratoire de Mécanique de l'Université de Paris, et qui est bien une des plus surprenantes inventions qui aient jamais été livrées à la curiosité publique. Il ne faudrait toutefois pas que le caractère quasiment merveilleux de cet appareil fît perdre de vue la portée philosophique de la découverte dont il procède.

Ce n'est pas seulement par ses éclatantes contributions à la science des mécanismes que M. Torres s'est imposé à l'attention des savants, mais aussi par divers travaux d'ingénieur, marqués au coin d'une non moins grande originalité.

Rappelons d'abord que c'est à lui que nous sommes redevable des *ballons dirigeables* dits « *Astra-Torres* » construits d'après un système extrêmement ingénieux. L'enveloppe, tout entière en matière souple, devient rigide lorsque le ballon est gonflé, grâce à une triangulation interne constituée par des liens également souples disposés de façon à travailler tous à la tension.

M. Torres est également l'auteur d'importants perfectionnements apportés aux *transbordeurs funiculaires*. L'idée vraiment neuve qu'il a conçue consiste à constituer la voie du transbordeur, au moyen de plusieurs câbles, en chacun desquels un contrepoids convenablement disposé maintient une tension constante, quel que soit le poids transporté, et qui demeurerait invariable alors même qu'un des câbles viendrait à se rompre. Un tel transbordeur fonctionne déjà depuis plusieurs années, avec succès, à Saint-

Sébastien sur une ligne de 280$^{m}$. Un autre, de 580$^{m}$ de portée, va être incessamment mis en exploitation, à 60$^{m}$ de hauteur, au-dessus du Niagara, dans le voisinage de la célèbre chute de ce fleuve.

En résumé, si M. **Torres** a, en quelque sorte, renouvelé la théorie des mécanismes par l'apport d'idées non moins originales que profondes, il a, par ailleurs, attesté la grande fécondité pratique de ses idées par tout un ensemble d'appareils et de machines très ingénieux, dont quelques-uns sont vraiment surprenants.

Nous proposons à l'Académie de reconnaître le haut mérite de notre savant collègue espagnol, en lui décernant le prix de Parville.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

## ASTRONOMIE.

### PRIX LALANDE.

(Commissaires : MM. Wolf, Deslandres, Baillaud, Maurice Hamy, Puiseux, Darboux, Lippmann, Émile Picard; Bigourdan, rapporteur.)

La longue carrière astronomique de M. **Jérome-Eugène Coggia** s'est écoulée tout entière à l'Observatoire de Marseille, où il est entré le 1$^{er}$ octobre 1866.

A cette époque déjà éloignée, les instruments possédés par cet Observatoire ne comportaient guère que l'exploration du ciel; et c'est ce qui décida l'orientation des principaux travaux de M. Coggia, la recherche de comètes et de petites planètes.

C'est ainsi qu'il a découvert sept comètes et six petites planètes; la dernière de celles-ci, (444) Gyptis, clôt la liste de celles qui, en France, ont été trouvées par recherche directe; les suivantes ont été signalées par la photographie.

Parmi ces sept comètes, la première (1867 I) a une période de 40 ans; la troisième (1873 VII) pourrait être identique à une comète de Pons (1818)

et a une période de 56 ans. La quatrième (1874 III) est bien connue, car elle devint très brillante. A ces sept comètes il faut ajouter le retour de celle de d'Arrest en 1874, que M. Coggia fut le premier à retrouver.

Ajoutons qu'il a fait aussi un grand nombre d'observations différentielles de planètes et de comètes.

Pour couronner une longue carrière qui vient de prendre fin, votre Commission vous propose de décerner à M. **Coggia** le prix Lalande, en portant sa valeur à *mille francs*.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

## PRIX VALZ.

(Commissaires : MM. Wolf, Deslandres, Bigourdan, Maurice Hamy, Puiseux, Darboux, Lippmann, Émile Picard; B. Baillaud, rapporteur.)

Depuis le 28 juin 1899, M. **Giovanni Boccardi**, qui travaillait alors accidentellement à l'Observatoire de Collurania, n'a cessé de s'occuper de l'étude des variations de la latitude. Devenu, en 1903, directeur de l'Observatoire de Turin, où l'observation de ces variations était impossible, il en poursuivit l'étude et les inscrivit au programme du nouvel observatoire dont il dirigea la construction à Pino-Torinese, à $618^{m}$ d'altitude et à $10^{km}$ de Turin. Il y travailla d'abord avec un instrument que lui avait prêté provisoirement l'Institut géodésique de Potsdam, puis avec un instrument de plus grandes dimensions construit spécialement pour lui.

De ses observations à Collurania, il avait conclu le premier que, dans l'application de la méthode de Talcott, la variation est plus grande pour les étoiles dont la distance zénithale est plus considérable.

A Pino-Torinese, il appliqua la méthode de Struve pour les passages au premier vertical; il observa systématiquement les quatre étoiles : $\beta$ Cocher, $\psi$ Grande Ourse, $\delta$ et $\alpha$ Cygne, qui culminaient à une ou deux minutes du zénith. Depuis 1912, il a poursuivi lui-même ces observations sans aucune interruption, suppléé par un ou deux assistants pour les observations qu'il ne pouvait faire lui-même.

Les nombres ont été publiés d'année en année et l'on y voit se préciser successivement les observations elles-mêmes et en même temps s'accroître la certitude de résultats importants concernant une variation à courte

période due à l'action de la Lune, variation conforme à la théorie, mais d'une amplitude bien plus forte. La période lunaire se décompose en deux périodes semi-lunaires, que les observations montrent un peu inégales. Douteuse dans les premières années d'observation, la durée de cette période s'est affirmée de plus en plus à mesure que les observations ont été plus précises : elle est devenue tout à fait certaine quand M. G. Boccardi a pu obtenir une série ininterrompue pendant trois lunaisons.

Il s'agit de $0'',2$ à $0'',3$; il a fallu un sens bien affiné des observations pour obtenir des séries ne laissant aucune place au doute. C'est par les conditions appropriées dans lesquelles a été construit l'observatoire, par l'étude infiniment minutieuse de l'instrument, par la détermination toujours soignée des constantes instrumentales, par le soin apporté aux réductions dans lesquelles, pour ramener les positions des étoiles au lieu apparent, il faut tenir compte des termes lunaires à courtes périodes, par la détermination des différences d'équations personnelles des observateurs, que G. Boccardi a mené à bien cette recherche et établi un résultat qui fait grand honneur au nouvel Observatoire de Turin.

Engagé dans une étude déjà organisée depuis nombre d'années, aidé d'abord par le Bureau de Potsdam et subventionné par l'Association géodésique, M. G. Boccardi a ressenti vivement le besoin de travailler d'une manière entièrement libre. Dans une de ses Notes, il écrit : « Je suppose que les remarques faites jusqu'ici feront plaisir à tout le monde; en tout cas, je n'ai pas hésité à les publier puisque la recherche de la vérité doit être le but de toute l'action des hommes de science. A cet effet, pour être libre de toute préoccupation, nous avons renoncé à la subvention de 2000 marks (pour 1914 et 1915) que l'Association géodésique internationale nous avait accordée. Désormais, nous nous occuperons en libres travailleurs, comme le font d'autres, de la recherche si délicate des déplacements du pôle. »

Le succès a été la première récompense de ses scrupules et de ses efforts; il n'a pas dû écrire sans émotion ces lignes : « E veramente maravigliosa e tale che raramente una liggateorica è stata cosi bene verificata della osservatione. »

Votre Commission vous propose de décerner le prix Valz à M. **Giovanni Boccardi**, pour l'ensemble de ses recherches sur la variation des latitudes et la découverte d'une inégalité sensible à période semi-lunaire.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

## PRIX JANSSEN.

(Commissaires : MM. Wolf, Deslandres, Bigourdan, Baillaud, Puiseux, Darboux, Lippmann, Émile Picard; Maurice Hamy, rapporteur.)

A la suite de recherches qui ont nécessité une longue mise au point, MM. **Charles Fabry** et **Henri Buisson** et M. **Henry Bourget**, directeur de l'Observatoire de Marseille, sont arrivés à déterminer la température qui règne au sein de la nébuleuse d'Orion et à évaluer les poids atomiques de gaz inconnus, dont le spectroscope décèle la présence, dans cet immense nuage cosmique. La méthode suivie par les expérimentateurs, pour obtenir ces remarquables résultats, dérive d'une conception de lord Rayleigh, relative à l'application individuelle du principe Doppler-Fizeau aux innombrables particules en mouvement qui interviennent dans la théorie cinétique des gaz.

Lorsqu'un pareil corps devient lumineux, sous l'influence d'une excitation convenable, ses particules, lancées à grande vitesse dans toutes les directions, forment autant de centres d'émission vibrant synchroniquement. Les trains d'ondes qui en émanent arrivent à l'observateur, avec des longueurs d'ondes plus ou moins altérées, suivant l'importance du mouvement radial des sources élémentaires où ils ont pris naissance. C'est pourquoi l'effet global, seul accessible à nos moyens d'investigation, se présente-t-il toujours sous forme de radiations imparfaitement simples, assimilables à de véritables bandes comprises entre des limites plus ou moins resserrées, mais jamais confondues, dans l'échelle du spectre.

La relation qui existe entre la longueur d'onde moyenne d'une radiation émise par un gaz raréfié, sa largeur, le poids atomique de ce corps et sa température absolue, a été vérifiée expérimentalement, dans toutes ses conséquences, par **Ch. Fabry**, professeur, et **Buisson**, professeur adjoint à la Faculté des Sciences de Marseille. C'est sur cette formule qu'est fondé le travail d'où est sortie la belle découverte des auteurs. Partant des largeurs des radiations fournies par l'observation, ils ont déterminé la température de la nébuleuse, possédant le poids atomique de l'hydrogène, puis les poids atomiques de deux gaz nouveaux, intermédiaires entre l'hydrogène et l'hélium, connaissant leur température.

L'appareil essentiel utilisé, pour mesurer la largeur des radiations, était

fondé sur l'emploi des franges de transmission de lames argentées, découvertes par Ch. Fabry et Perot, qui se présentent sous l'aspect d'anneaux circulaires. La donnée directement fournie, au cours des observations, était la différence de marche des faisceaux interférents correspondant à l'évanouissement des franges obtenues avec les radiations étudiées, différence liée par une équation simple à l'inconnue à déterminer.

D'après les dispositions adoptées, les anneaux se produisaient, dans l'image même de la nébuleuse, au foyer de la lunette d'observation. L'étude de leur configuration a mis en évidence des altérations de forme accusant des variations de longueurs d'ondes, liées à l'existence de mouvements rapides, dans l'étendue de la masse gazeuse.

La Commission estime que parmi les travaux astronomiques qui ont vu le jour, dans ces dernières années, celui de MM. **Ch. Fabry**, **Buisson** et **Bourget** se distingue tout particulièrement, tant par l'importance des résultats signalés que par la nature des moyens mis en œuvre pour les obtenir. Elle propose, en conséquence, de décerner la médaille d'or (¹) du prix Janssen à M. Ch. Fabry et une médaille de vermeil à l'un et l'autre de ses collaborateurs.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

## PRIX PIERRE GUZMAN.

(Commissaires : MM. Wolf, Deslandres, Bigourdan, Baillaud, Maurice Hamy, Puiseux, Darboux, Lippmann, Émile Picard.)

Le prix n'est pas décerné.

(¹) En raison des circonstances, cette médaille sera frappée en vermeil, mais elle portera la mention « Médaille d'or », et une somme de trois cents francs lui sera jointe.

# GÉOGRAPHIE.

## PRIX DELALANDE-GUÉRINEAU.

(Commissaires : MM. Grandidier, Bassot, Lallemand, Darboux, Edmond Perrier, le prince Bonaparte; Bertin, rapporteur.)

Sir **Ernest Shackleton** a, depuis 15 ans, marqué sa place au premier rang des explorateurs du continent antarctique. Compagnon du commandant F. Scott dans la campagne de la *Discovery* (1901-1904), il a atteint avec lui la latitude de 78°. Commandant à son tour l'expédition du *Nimrod* en 1907-1908, il s'est approché jusqu'à $178^{km}$ du pôle. L'accident d'un cheval chargé de vivres, qui a disparu dans une crevasse, lui a seul, selon toute vraisemblance, ravi l'honneur de planter le premier son drapeau sur le point de latitude 90°.

Dans la mémorable campagne de 1907-1908, Shackleton a fixé les méthodes, toujours adoptées depuis lors, qui ont conduit à la conquête du pôle. Le *Nimrod* portait une mission scientifique comprenant le professeur David et les docteurs Mawson et Murray. De toutes les expéditions polaires anglaises, celle du *Nimrod* a été la plus féconde au point de vue de la Géologie, de la Glaciologie, de la Géographie physique; elle suffirait à justifier l'attribution du prix Delalande-Guérineau à celui qui l'a conçue et menée à bien, avec tant d'habileté et tant d'énergie.

Des résultats scientifiques de la nouvelle expédition, qui a été entreprise au commencement d'août 1914, par Sir Ernest Shackleton partant de la Géorgie du Sud sur l'*Endurance*, nous ne savons rien encore. Nos soucis actuels portent sur le salut même de la mission, sur le sort du professeur David et de ses vaillants compagnons, beaucoup plus que sur le sort des documents qu'ils ont pu recueillir au cours de leur tragique campagne de 23 mois (1).

Le hardi projet de Shackleton consistait à prendre pied sur la terre du Prince Luitpold, au fond de la mer de Weddell, et à traverser le continent

(1) Le sauvetage a été heureusement accompli.

austral du Nord-Ouest au Sud-Est, en passant par le pôle. Le terme du trajet accompli en franchissant la grande barrière devait être la terre de Victoria, où un second navire, l'*Aurora*, a été envoyé pour attendre les hardis voyageurs pendant l'été antarctique du commencement de 1916.

Sur les deux rives opposées du continent austral, l'*Aurora* et l'*Endurance* se sont heurtées, l'une et l'autre, à l'obstacle d'un hiver exceptionnel.

L'*Aurora*, après avoir débarqué sur la terre Victoria deux détachements chargés de préparer les dernières étapes de Shackleton, a été emportée en dérive par la banquise; elle est arrivée à demi désemparée, le 3 avril 1916, en Nouvelle-Zélande. Le lieutenant Stenhouse, qui avait pris le commandement, en l'absence du commandant Mackintosh resté à terre avec l'un des détachements, a publié le récit émouvant de ce retour involontaire.

L'*Endurance*, après avoir découvert une terre nouvelle qu'elle longea sur 200 milles de longueur, fut bloquée avant d'atteindre la terre du Prince Luitpold; comme l'*Aurora* elle partit en dérive avec la banquise, mais elle ne put, comme l'*Aurora*, résister à la pression; elle se brisa le 15 juin 1915. L'équipage et la mission campèrent et voyagèrent sur la banquise jusqu'au 16 avril 1916, date à laquelle ils atteignirent l'île de l'Éléphant au nord du détroit de Braunsfield. Ils y sont actuellement, attendant les secours, qui devront venir d'Europe.

Sir Ernest Shackleton est parti de l'île de l'Éléphant, en embarcation avec cinq volontaires. Son indomptable énergie lui a permis d'atteindre le 10 mai la Géorgie du Sud. Il n'y a pas rencontré de navire baleinier capable d'affronter le voyage de l'île de l'Éléphant. Il était, à la fin de juin, à Port-Stanley d'où il télégraphiait, à Buenos-Ayres, demandant le secours de l'*Uuruguay*, bâtiment qui a délivré l'expédition suédoise de 1903. Ce bâtiment était hors de service et il ne s'en trouvait aucun capable de le remplacer. Aux dernières nouvelles, le 4 juillet, Sir Ernest Shackleton était à Punta-Arena.

On sait assez que l'Angleterre ne négligera rien pour répondre à l'appel de ceux qui attendent sur l'île de l'Éléphant. La profonde connaissance des mers polaires de Shackleton permet de bien augurer de l'expédition de secours qu'il dirigera sans doute lui-même. Espérons donc que les naufragés de l'*Endurance* n'ont pas en vain échappé déjà à tant de périls (1). Alors l'expédition de l'*Endurance*, en 1914-1916, aura ajouté, au livre d'or des expéditions polaires, une de ses plus glorieuses, de ses plus héroïques pages.

(1) Cette espérance a été réalisée postérieurement à la rédaction du rapport.

La Commission propose d'attribuer le prix Delalande-Guérineau à Sir **Ernest Shackleton**.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

## PRIX GAY.

(Commissaires : MM. Grandidier, Bassot, Bertin, Darboux, Edmond Perrier, le Prince Bonaparte; Ch. Lallemand, rapporteur.)

Le prix Gay doit être décerné, cette année, à l'auteur de *progrès notables apportés aux instruments et aux méthodes des levés topométriques et topographiques*.

Le choix de la Commission s'est fixé sur M. **Henri Vallot**, ingénieur des Arts et Manufactures, secrétaire de la Commission de topographie du Club Alpin français.

Depuis 25 ans, M. H. Vallot consacre la meilleure part de son activité à l'étude topographique des Alpes françaises, dans la région de Chamonix.

En collaboration avec M. Joseph Vallot, fondateur de l'Observatoire du mont Blanc, il a dressé, de ce massif, une carte au $\frac{1}{20\,000}$ avec courbes de niveau, qui est universellement regardée comme un modèle de conscience et d'exactitude.

La planimétrie de cette carte réalise le maximum de précision compatible avec l'échelle adoptée. L'altimétrie, basée sur le réseau des repères du Nivellement général de la France, offre une précision constante, d'environ $1^m$, indépendante à la fois de l'ordre des points et de leur altitude.

Le réseau géodésique, le canevas trigonométrique complémentaire, les restitutions photographiques très détaillées et les levés topographiques formant le substratum de cette carte, constituent l'œuvre personnelle de M. H. Vallot. Les instruments et les méthodes spéciales d'opérations et de calculs, employés à cette œuvre, lui sont redevables de nombreuses et importantes améliorations.

Il a, notamment, adapté aux conditions toutes particulières de la triangulation en haute montagne, le très utile procédé graphique de compensation précédemment appliqué à la triangulation de la Corse par notre regretté confrère M. Hatt.

Il a également, par divers artifices, porté à leur maximum d'exactitude

les procédés de relèvement graphique des stations, au moyen de la planchette.

Les données numériques recueillies par M. H. Vallot, au cours de ses travaux dans le massif du mont Blanc, offrent une telle sécurité que, sans retourner sur le terrain, il a pu en extraire, pour les principaux torrents de la région, les éléments de profils en long, dont la précision ne le cède en rien à celle des profils directement relevés par les meilleurs des procédés classiques.

D'un autre côté, par ses nombreuses et savantes publications, toutes relatives à la Topographie dans la haute montagne et dont les plus anciennes remontent à 1888, par son enseignement aussi, dans lequel il s'est inspiré des principes magistralement posés par le savant et regretté colonel Goulier, M. Henri Vallot a grandement contribué à la diffusion et au progrès de cette branche importante de la Science.

La Commission estime donc amplement justifiée sa proposition d'attribuer le prix Gay à M. **H. Vallot.**

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

## PRIX TCHIHATCHEF.

(Commissaires : MM. Grandidier, Bassot, Bertin, Lallemand, Darboux, Edmond Perrier, le Prince Bonaparte.)

Le prix n'est pas décerné.

## PRIX BINOUX.

(Commissaires : MM. Grandidier, Bassot, Bertin, Darboux, Edmond Perrier, le Prince Bonaparte; Ch. Lallemand, rapporteur.)

Le prix Binoux doit être décerné à l'auteur de travaux importants dans le domaine des sciences géographiques.

La Commission propose de l'attribuer à M. **Eugène Prévot**, ingénieur des Ponts et Chaussées, adjoint au Directeur du Service du Nivellement général de la France.

Associé depuis 34 ans à l'œuvre du Nivellement général, dont il a été l'un des premiers artisans, M. Prévot, durant sa longue et brillante

carrière, a introduit, dans les instruments et les méthodes d'opérations et de calculs de la Géodésie et de la Topographie, un certain nombre d'ingénieux perfectionnements dont il a été fait d'utiles applications, tant pour la détermination du relief du sol de la France que pour la réfection du Cadastre national et pour le relevé des profils en long des torrents des Alpes et des Pyrénées, en vue de la mesure de l'énergie hydraulique latente susceptible d'en être extraite.

A l'occasion de ces derniers travaux et en ce qui touche les instruments, M. Prévot a pris une grande part à la création de l'*éclistadimètre* et du *clisistadimètre*, deux appareils nouveaux, où la mesure de la distance à la mire se combine avec celle de l'inclinaison de la visée dans le calcul de la dénivellation du pied de la mire par rapport à l'axe des tourillons de la lunette.

Pour faciliter les calculs eux-mêmes, M. Prévot a imaginé un nouveau type d'échelles graphiques, grâce auquel une notable extension a pu être donnée au principe fondamental des *abaques hexagonaux*.

M. Prévot est également l'auteur d'une importante amélioration introduite dans la construction des règles logarithmiques de précision, employées, par le Service technique du Cadastre, au calcul des cheminements polygonaux.

Il a aussi notablement simplifié certains calculs des triangulations cadastrales.

A la suite de longues et consciencieuses recherches, il a établi les lois complexes d'erreurs des nivellements éclimétriques et les conditions les meilleures à réaliser dans leur exécution; grâce à un très ingénieux diagramme construit par lui, l'opérateur qui s'est, d'avance, fixé un coefficient donné de précision, sait désormais immédiatement, pour chaque degré d'inclinaison du terrain, quelle longueur maxima les portées ne doivent pas dépasser.

Pour les nivellements à exécuter au travers de larges espaces à franchir d'une seule portée, comme les estuaires de fleuves par exemple, M. Prévot, au moyen des niveaux ordinaires et de mires à larges cases peintes, alternativement blanches et rouges, a réalisé une méthode par visées réciproques, dont la précision s'est montrée supérieure à celles des meilleurs procédés trigonométriques exclusivement employés jusque-là pour ce genre d'opérations.

Enfin, dans le fonctionnement des *médimarémètres*, appareils spéciaux servant à déterminer le niveau moyen de la mer, M. Prévot a réussi

à découvrir l'origine d'une assez notable erreur systématique, dont, jusqu'alors, on connaissait bien l'existence, mais non la cause.

D'un autre côté, par de nombreux Ouvrages et Mémoires très appréciés des spécialistes, M. Prévot a largement fait progresser en France l'enseignement de la Topométrie.

A cet égard, il a heureusement vulgarisé l'emploi des méthodes les plus rationnelles, comme des procédés de calculs les plus perfectionnés, ainsi que la recherche systématique des erreurs instrumentales et de leur influence sur la précision des résultats.

Tous ces titres justifient amplement la proposition faite, à l'unanimité, par la Commission, d'attribuer le prix Binoux à M. **Prévot**.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

---

## NAVIGATION.

---

### PRIX DE SIX MILLE FRANCS.

DESTINÉ A RÉCOMPENSER TOUT PROGRÈS DE NATURE A ACCROITRE L'EFFICACITÉ DE NOS FORCES NAVALES.

(Commissaires : MM. Grandidier, Boussinesq, Deprez, Bassot, Sebert, Vieille, Lallemand, Lecornu; Bertin, rapporteur.)

La Commission propose de répartir le prix de la Marine de la manière suivante :

1° Un prix de *trois mille francs* à M. **Marbec**, ingénieur en chef de 1^re^ classe de la Marine, pour l'installation du *Gharb* en ravitailleur d'eau douce, qu'il a réalisée;

2° Un prix de *deux mille francs* à M. **P. Dumanois**, ingénieur de la Marine, pour ses travaux relatifs à l'installation des moteurs Diesel à bord des sous-marins;

3° Un prix de *mille francs* à M. **Le Matelot**, patron au bornage à

Moëlan (Finistère), pour sa méthode pratique de détermination du point près des côtes.

1° Installation du *Gharb* en ravitailleur d'eau douce, exécutée du 1er au 20 avril 1915, par M. **Marbec**, ingénieur en chef de la Marine.

L'eau douce faisant entièrement défaut dans la presqu'île de Gallipoli, la possibilité de l'expédition d'une armée dans cette presqu'île se trouva subordonnée à l'établissement d'une usine flottante de distillation. M. Marbec fut chargé de disposer à cet effet le *Gharb*, petit cargo de $2100^t$ de déplacement en pleine charge, qui avait été lancé le 13 mars 1915 et venait de faire son essai de machine le 27 mars.

Le travail présentait un caractère d'extrême urgence; il fut entrepris le 1er avril et terminé le 20 du même mois. Le *Gharb* fut mis en rade le 21, puis, les expériences de stabilité et la régulation des compas terminées, il quitta Toulon le 26 avril.

La tâche accomplie dans ce cours délai comprend à la fois des calculs minutieux et des travaux matériels qui durent être menés de front.

Les calculs sont surtout relatifs à la question de stabilité. L'eau constitue un chargement très dangereux lorsque les citernes ne sont pas remplies et que le liquide peut se porter librement d'un bord à l'autre. Un état de chargement correspondant à une stabilité négative, ou, en d'autres termes, au chavirement, peut alors se rencontrer. Une menace de ce genre se produisait par exemple au cours du remplissage des citernes latérales à lest, sur le premier sous-marin construit pour la navigation en surface. M. Marbec détermina le sectionnement des citernes, qui était nécessaire pour écarter le péril en grande partie, ainsi que l'ordre des opérations de remplissage et de vidange qu'il convenait de suivre pour achever de le conjurer. Il détermina de plus la quantité de lest solide, qui pouvait assurer la sécurité absolue et qui était nécessaire d'ailleurs pour limiter convenablement la fatigue à la flexion longitudinale de la coque, sur le navire naviguant à l'état lège.

L'étude de la résistance à la flexion longitudinale conduisit à l'addition de certaines liaisons de la coque. D'autres consolidations furent trouvées indispensables, sur les cloisons transversales étanches, pour leur permettre de résister à la pression de l'eau.

L'ensemble de ces recherches, qui, sur plusieurs points, présentent un caractère d'originalité, aurait suffit dans les conditions ordinaires de travail

pour retenir l'attention de la Commission chargée de l'attribution du prix de 6000fr de la Marine.

Si l'on considère la brièveté du délai de 20 jours pour le projet, les calculs, l'exécution, la tâche accomplie est extraordinaire.

Il a fallu découvrir de divers côtés et rassembler tout le matériel nécessaire, emprunter les bouilleurs au *Languedoc*, réquisitionner le conducteur du *Massilia*, confectionner un tuyautage compliqué dont la mise en place a exigé le passage dans la forme, faire des filtres crépinés et les monter, sans parler des travaux de coque indiqués plus haut; faire enfin les essais qui, par bonheur, ont réussi du premier coup et n'ont appelé aucune retouche. M. Marbec a fait, comme on voit, œuvre de praticien consommé, en même temps qu'il a déployé toute sa science bien connue d'ingénieur.

La Commission propose d'attribuer à M. **Marbec** une somme de *trois mille francs* sur le prix extraordinaire de 6000fr.

Cette récompense si méritée sera adressée, malheureusement, à la famille du lauréat, mort depuis la présentation de son travail à l'Académie.

2° Travaux de M. **Dumanois**, ingénieur de la Marine (au Ministère) relatifs à l'installation des moteurs Diesel à bord des sous-marins.

M. Dumanois poursuit depuis plusieurs années une étude très approfondie des moteurs Diesel et de leur application à la Marine de guerre en général.

Le nouveau Mémoire, qui a été présenté à l'Académie en septembre 1915 et qui a été inséré depuis lors au *Mémorial du Génie maritime* (partie confidentielle), traite les deux questions suivantes, au point de vue particulier de la navigation sous-marine :

1° Des diverses huiles minérales pouvant convenir aux moteurs des sous-marins, et de leurs conditions d'emploi;

2° Des conditions imposées à l'évacuation des gaz brûlés à l'émission des cylindres et des appareils propres à y satisfaire.

Le choix des combustibles applicables à la navigation sous-marine est très limité. Les huiles volatiles sont exclues en raison de la gêne pour le personnel et des dangers d'explosion pouvant résulter de toute fuite de vapeur combustible dans un espace limité. Les pétroles lourds, et particulièrement les mazouts, ont une fluidité insuffisante, surtout lorsque la

température est basse, et peuvent donner un fonctionnement irrégulier et même des stoppages; de plus, leur faible inflammabilité peut rendre impossible la mise en marche à froid.

M. Dumanois a déterminé avec précision le degré de fluidité qui assure à la fois un fonctionnement régulier et la possibilité de mettre en marche à froid. Ce degré de fluidité, mesuré à l'ixiomètre, est obtenu par l'addition au mazout d'une fraction convenable d'huile lampante, qui est toujours assez faible pour ne présenter ni inconvénient ni danger. La règle posée par M. Dumanois, et les mesures accessoires adoptées sur sa proposition, ont permis de rendre l'emploi du mazout réglementaire, sur une série de sous-marins qui est actuellement en service et a donné satisfaction.

M. Dumanois a porté aussi ses études sur les deux combustibles d'origine française, huile de schiste et huile lourde provenant de la houille dont l'emploi dispenserait la Marine du tribut payé à l'étranger, et des difficultés possibles de ravitaillement. L'emploi des huiles de schiste ne paraît pas impossible, moyennant une préparation chimique préalable à étudier. L'emploi de l'huile lourde se heurte à des difficultés plus sérieuses, qui exigeraient, tout au moins, des modifications dans le régime des moteurs.

L'évacuation des gaz brûlés a donné lieu sur les sous-marins à des difficultés de diverses sortes. Le tuyautage doit, en plongée, être obturé très exactement, condition assez difficile à réaliser parce que les gaz d'échappement déposent des particules de coke qui engorgent les vannes et encrassent les soupapes. Ce tuyautage, exposé à atteindre la température du rouge, doit recevoir une enveloppe d'eau de mer; or l'eau réfrigérante, soumise à une évaporation intense, peut laisser des dépôts salins qui obstruent rapidement tout passage et suppriment le refroidissement. Il va de soi d'ailleurs que le bon fonctionnement des obturateurs est subordonné au refroidissement. Enfin l'établissement d'un bon silencieux s'impose, afin que le sous-marin naviguant en demi-plongée ne signale pas sa présence par le bruit de l'échappement. Le silencieux est nécessairement placé près de la sortie des gaz, c'est-à-dire dans la superstructure, qui, sur les sous-marins, n'offre que des espaces très restreints. M. Dumanois a pu résoudre toutes ces difficultés. Il paraît être arrivé, sur les sous-marins du type *Atalant*, à une solution très satisfaisante.

Dans toutes ses recherches, M. Dumanois a tiré le plus grand parti de l'analyse très serrée, à laquelle il a soumis toutes les conditions thermiques de la marche des moteurs à combustion interne, et qui a été exposée en détail dans son Mémoire du 15 septembre 1913.

La Commission propose l'attribution d'une part de *deux mille francs* sur le prix extraordinaire de 6000fr au nouveau travail de M. **Dumanois**.

3° La détermination du point près des côtes, par M. **Le Matelot**.

M. Le Matelot s'est proposé de rendre commode et rapide, soit le relèvement simultané de deux angles fournis par le relèvement de trois points de la côte, soit la reproduction, sur une équerre à trois branches, de deux relèvements pris au compas, par rapport au méridien magnétique. Les trois branches de l'équerre étant fixées à demeure, et l'instrument étant placé sur la carte marine suivant les relèvements, la position du navire est immédiatement marquée par le point où tombe le pivot.

Le gain de temps, par rapport au procédé habituel du tracé sur la carte des lignes de relèvement à l'aide du rapporteur et surtout du tracé des secteurs capables de deux angles, doit être notable. Ce gain est précieux en raison de la vitesse avec laquelle les petits caboteurs et chalutiers à moteurs mécaniques *eux-mêmes* abordent maintenant la côte, les certificats joints à la Notice montrent combien il a été apprécié.

L'idée de l'équerre à trois branches qui, placée sur la carte marine, y trouve la place exactement determinée par la position des points de relèvement, n'est pas nouvelle, M. Le Matelot le reconnaît dans sa Notice. J'ai, pour ma part, eu déjà à apprécier une proposition faite en ce sens, et adressée précisément, si ma mémoire ne me trompe pas, à l'Académie des Sciences. Quoi qu'il en soit, le dispositif imaginé par M. Le Matelot est original, dans plusieurs de ses parties, et forme un ensemble plus complet que ceux présentés antérieurement.

M. **Le Matelot**, praticien très au courant des difficultés en face desquelles le placent ses occupations journalières, s'est appliqué à les résoudre et leur a trouvé des solutions ingénieuses et simples. Ce travail, qui ne touche en rien à la Science pure, n'en est pas moins de ceux que l'Académie aime à encourager; la Commission propose de lui accorder un prix de *mille francs*.

Les propositions de la Commission sont adoptées par l'Académie.

## PRIX PLUMEY.

(Commissaires : MM. Grandidier, Boussinesq, Deprez, Bassot, Sebert, Bertin, Vieille, Lallemand; Lecornu, rapporteur.)

Le Mémoire classique de notre regretté confrère Léauté, *Sur les oscillations à longues périodes dans les machines actionnées par des moteurs hydrauliques et sur les moyens de prévenir ces oscillations*, date de l'année 1885. A cette époque déjà lointaine, l'électricité industrielle venait à peine de naître. Il est aujourd'hui nécessaire de préciser davantage, au point de vue de la régularité de la marche, la corrélation entre la turbine et la dynamo, en tenant compte des variations réelles du couple résistant. D'autre part, quand la turbine hydraulique est remplacée par une machine à vapeur, le mode d'action du régulateur change de nature : au lieu de commander simplement un embrayage manœuvrant la vanne d'admission, il se charge de produire lui-même, en temps opportun, la variation de puissance. On se trouve alors en présence du problème de la *régulation directe*, qui a fait l'objet de nombreux travaux. Ici encore, la question demande à être reprise au point de vue spécial de la conduite des dynamos.

M. **Louis Barbillion**, professeur à l'Université de Grenoble et directeur de l'Institut électrotechnique existant dans la même ville, s'est donné la tâche d'approfondir les conditions de régime d'une usine productrice d'électricité, quel que soit le genre de moteur et quel que soit le mode de régulation. Il a résumé ses recherches dans un Volume qui a paru en 1915 sous le titre *Leçons sur le fonctionnement des groupes électrogènes en régime troublé; perturbations, régulation, asservissement, compensation*. Ainsi qu'il nous le dit dans la Préface, écrite à Belfort, « la publication de ce petit Ouvrage, achevé en juin 1914, a subi un long temps d'arrêt en raison des circonstances actuelles; l'une des moindres raisons de ce retard n'est pas le fait, pour son auteur, d'avoir été mobilisé dès les premiers jours ».

M. Barbillion est présentement capitaine du Génie, chargé de mission auprès de la Direction de l'Aéronautique pour l'étude des applications de l'électricité, et décoré de la Croix de guerre.

L'auteur fait habilement usage de la méthode graphique, qui se prête plus aisément que la méthode analytique à la complexité des données expérimentales. Les points suivants méritent d'être spécialement signalés.

Le servo-moteur, imaginé jadis par Farcot, est entré dans la pratique

courante; mais l'étude de son mode de fonctionnement n'a guère été entreprise jusqu'ici. M. Barbillion nous donne une analyse soignée des divers modes connus d'asservissement et l'indication de procédés nouveaux suggérés par la théorie. On remarque en particulier l'ingénieux emploi de cames permettant d'établir telle relation que l'on veut entre les positions du régulateur et celles du vannage.

Le régulateur à force centrifuge a le tort d'agir tardivement, parce qu'il attend que la vitesse ait subi une variation notable. Cette défectuosité disparaîtrait s'il était sensible à la dérivée de la vitesse, c'est-à-dire à l'accélération. Les régulateurs d'inertie répondent à ce desideratum, mais on se heurte alors à un inconvénient non moins grave : rien ne garantit qu'une accélération trop faible pour impressionner le régulateur d'inertie ne produira pas, si elle persiste longtemps, une variation inadmissible de la vitesse. Il faut donc combiner l'action de la force centrifuge avec celle de la force d'inertie, et c'est ce que l'on fait maintenant dans la plupart des appareils dits *régulateurs-volants*, créés en vue de la régulation directe. M. Barbillion recherche les moyens d'étendre la solution au cas de la régulation indirecte. Le procédé qu'il préconise consiste à subordonner la vitesse de la vanne à l'accélération d'un servo-moteur.

Les derniers Chapitres traitent de la compensation et de l'hypercompensation. La compensation, dont le principe est bien connu, a pour objet de rétablir peu à peu, par une modification automatique de la liaison existant entre le régulateur et la vanne, la grandeur initiale de la vitesse de régime quand cette vitesse se trouve réduite par le fait d'un accroissement de résistance. M. Barbillion appelle *hypercompensation* tout procédé destiné à exagérer, en quelque sorte, la compensation, de façon que l'accroissement de résistance aboutisse finalement à une augmentation de vitesse. Après une étude comparative des divers mécanismes de compensation, il analyse avec soin la répercussion de la compensation sur l'effet d'une perturbation quelconque, et montre comment on peut éviter que cette répercussion nuise à la bonne marche de la machine. L'hypercompensation paraît devoir fournir une solution simple du problème du compoundage des alternateurs; M. Barbillion trouve qu'elle est réalisable, hormis toutefois le cas de plusieurs groupes d'alternateurs couplés en parallèle.

Bien que l'Ouvrage ait surtout en vue le fonctionnement d'un moteur hydraulique actionnant une dynamo, les idées, les méthodes de discussion qui s'y rencontrent ont une portée assez générale pour intéresser tous ceux qui s'occupent de la régulation de la marche des moteurs, et notam-

ment les constructeurs de machines marines, à l'usage desquels Farcot a imaginé son premier servo-moteur.

La Commission propose qu'un prix Plumey d'une valeur de *deux mille francs* soit décerné à M. **Barbillion**.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

## PHYSIQUE.

### PRIX LA CAZE.

(Commissaires : MM. Lippmann, Violle, Bouty, Villard, Branly, Boussinesq, Émile Picard, Carpentier.)

Le prix n'est pas décerné.

### PRIX KASTNER-BOURSAULT.

(Commissaires : MM. Lippmann, Bouty, Villard, Branly, Boussinesq, Émile Picard, Carpentier; Violle, rapporteur.)

**Éric Gerard** a tenu une grande place dans l'Électrotechnique, dont il fut un vaillant pionnier de la première heure.

Directeur de l'Institut Montefiore, membre de la Commission internationale des Unités électriques, il était connu de tous les électriciens qui le tenaient en haute estime. Particulièrement apprécié en France, il y comptait de nombreuses et sincères amitiés. L'envahissement de sa patrie, si traîtreusement et si cruellement violée, l'a frappé au cœur; il s'est éteint parmi nous sans avoir pu assister à la victoire qui l'aurait ramené dans sa chère ville de Liége. L'Académie rendra à sa mémoire l'hommage qui lui aurait été le plus sensible, en lui décernant le prix Kastner-Boursault, spécialement destiné à récompenser l'auteur d'un progrès important de l'Électricité dans les Arts, l'Industrie et le Commerce.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

## PRIX HÉBERT.

(Commissaires : MM. Lippmann, Bouty, Villard, Branly, Boussinesq, Émile Picard, Carpentier; Violle, rapporteur.)

Les travaux de M. **Jules Lemoine** ont porté principalement sur les effets optiques de l'électricité.

Il étudie d'abord la biréfringence que, suivant Kerr, un milieu isotrope acquiert sous l'action d'un champ électrique. Par des mesures précises, il confirme que la biréfringence du sulfure de carbone est proportionnelle au carré de la force électrique, et il obtient la valeur absolue de la constante réglant le phénomène.

Puis, de concert avec M. Abraham, qui vient d'établir la décomposition d'un courant alternatif à haut potentiel en une succession de décharges disruptives, il entreprend de déterminer si la biréfringence produite par la force électrique aurait quelque retard sur cette force. A cet effet, une méthode nouvelle est instituée, pour mesurer des durées infinitésimales, par les espaces que parcourt la lumière pendant ces durées mêmes. Si nous nous rappelons qu'en un milliardième de seconde la lumière parcourt $30^{cm}$, nous concevons la sensibilité de la méthode. La disposition de l'expérience est d'ailleurs très simple. Un condensateur à lames parallèles, immergées dans une cuve remplie de sulfure de carbone, est mis en relation avec les pôles d'un transformateur à haut voltage; et, en se déchargeant dans un déflagrateur approprié, il donne une étincelle très éclatante, d'où l'on obtient aisément un faisceau de rayons parallèles traversant la cuve. La distance du déflagrateur au milieu de la cuve est de $20^{cm}$. Si donc l'étincelle était instantanée, la mesure photométrique de la biréfringence donnerait la valeur du phénomène de Kerr presqu'à l'instant de l'étincelle. Que maintenant on intercale, entre le déflagrateur et la cuve, un chemin variable à volonté et facile à connaître exactement, en mesurant la biréfringence, dans chaque cas, on aura autant de valeurs du phénomène en fonction du temps. On constate ainsi qu'après un cent-millionième de seconde la biréfringence a disparu. Ce cent-millionième de seconde comprend :

1° Le temps que l'intensité lumineuse de l'étincelle met à s'établir;
2° Le temps que le champ électrique emploie à disparaître;
3° Le retard possible du phénomène de Kerr sur le champ électrique.

Donc chacun de ces phénomènes, pris séparément, ne dure pas un cent-millionième de seconde.

La même méthode permet de reconnaître que la polarisation rotatoire magnétique n'a pas une durée d'un cinquante-millionième de seconde. Cette limite est un peu moins bonne que celle que l'on a trouvée pour le phénomène de Kerr. Mais le solénoïde, que l'on est bien forcé d'accepter ici autour du tube contenant le sulfure de carbone, augmente la durée de la décharge. En intercalant ce même solénoïde dans le circuit de décharge du condensateur de Kerr, on trouve le même amortissement. Cette coïncidence rend très vraisemblable que la polarisation rotatoire magnétique et le phénomène de Kerr suivent sans retard la variation des champs qui les produisent.

Seraient encore à citer : les résultats très intéressants obtenus par M. Lemoine, avec M. Chapeau, touchant les différents régimes que peut présenter l'étincelle fractionnée par soufflage entre boules de différents métaux; et le concours qu'il a tout dernièrement prêté à notre confrère, M. H. Le Chatelier, dans une étude sur l'hétérogénéité des aciers et sur un nouveau moyen d'examen qui complète très utilement les renseignements déjà fournis par l'analyse chimique et l'examen micrographique usuel.

Mais on n'aurait qu'une idée imparfaite de l'activité scientifique de M. **Jules Lemoine** si l'on ne considérait la tâche professorale que, depuis déjà de longues années, il poursuit avec un rare talent par la parole et par le livre. Vulgarisateur excellent autant qu'ingénieux physicien, il réunit les mérites que vise le prix Hébert. Votre Commission est heureuse de vous présenter un savant aussi digne de cette récompense.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

## PRIX HUGHES.

(Commissaires : MM. Lippmann, Violle, Villard, Branly, Boussinesq, Émile Picard, Carpentier; Bouty, rapporteur.)

M. **L. Chaumont**, blessé mortellement le 8 septembre 1914 à Meaux, mort le 27 septembre à l'hôpital de Rennes, est l'auteur d'un très important travail : *Sur le phénomène électrooptique de Kerr et sur les méthodes servant à l'étude de la lumière polarisée elliptiquement*, qui valut à son auteur le grade de docteur ès sciences avec la mention « très honorable ».

Nous ne saurions mieux faire que de reproduire ici la conclusion du Rapport fait par M. Cotton sur ce travail remarquable :

« Le Mémoire de M. Chaumont a un intérêt qui dépasse celui de la question particulière que l'auteur s'était posée. Il apporte, sur nombre de sujets d'intérêt général, des méthodes d'étude originales ou des renseignements précieux. Qu'il s'agisse de questions théoriques (polarimétrie en général, champ d'un condensateur, etc.) ou d'appareils (mesure des vibrations elliptiques, réalisation d'un quart d'onde exact, mesure des potentiels et des champs), ce travail sera consulté avec fruit. Il est rare que la Faculté ait à examiner des thèses témoignant d'une telle variété d'aptitudes. Celle qu'apporte M. Chaumont lui fait le plus grand honneur. Elle mérite à son auteur, outre le grade de docteur, le souhait de la Faculté qu'il puisse poursuivre avec le même succès d'autres recherches originales importantes. »

De si belles espérances ont été impitoyablement fauchées. L'Académie des Sciences dépose, comme une palme, sur la tombe de M. **L. Chaumont**, mort pour la Patrie, le prix Hughes qu'il a largement mérité par l'ampleur et l'originalité exceptionnelles de ses premiers travaux.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

## CHIMIE.

### PRIX MONTYON DES ARTS INSALUBRES.

(Commissaires : MM. Armand Gautier, Lemoine, Haller, Le Chatelier, Schlœsing père, Carnot; Maquenne et Moureu, rapporteurs.)

La Commission vous propose de décerner le prix à feu **Alexandre Hébert**, chef des travaux chimiques à l'École centrale des Arts et Manufactures, pour ses recherches relatives à l'hygiène des ateliers industriels, et d'accorder deux mentions honorables de 1500$^{fr}$, l'une à M. **Charles-Samuel Banzet**, médecin-major de 2$^{e}$ classe de l'armée territoriale, attaché à l'inspection des études chimiques au Sous-Secrétariat de l'Artillerie et

des Munitions, l'autre au 2^e^ canonnier **Paul Langlais**, attaché à l'atelier spécial de chargement de projectiles d'Aubervilliers.

*Rapport de M.* **Maquenne**, *sur les travaux de M.* Alexandre Hébert.

Élève à l'École municipale de Physique et de Chimie, puis attaché successivement aux laboratoires que dirigeait notre vénéré maître Dehérain au Muséum et à l'École de Grignon, préparateur aux travaux pratiques de Chimie à la Faculté de Médecine de Paris, chef adjoint des travaux chimiques à l'École centrale des Arts et Manufactures, répétiteur et examinateur de Chimie et de Technologie à l'École de Physique et de Chimie, **Alexandre Hébert** prit, dès le début de sa carrière, le goût des applications et orienta immédiatement ses recherches dans le sens de la Biologie générale.

Ses premiers travaux sont relatifs à l'étude de graines oléagineuses et de fruits d'origine coloniale, dont il indique les emplois possibles; plus tard, en collaboration avec M. Charabot, il suit par l'analyse le développement des plantes à parfums; seul ou en commun avec M. Truffaut, horticulteur, il recherche les conditions les plus favorables à la culture des plantes fourragères ou à fleurs. Qu'il nous suffise, pour donner une idée de l'intérêt qui s'attache à ces recherches, qu'elles ont été à plusieurs reprises couronnées par l'Académie d'Agriculture de France et la Société nationale d'Horticulture de leurs plus hautes récompenses; auparavant, l'Académie des Sciences avait déjà, trois années de suite, décerné à M. Hébert une part du prix Cahours, l'Académie de Médecine le prix Nativelle et la Société chimique de France les prix Leblanc et Pillet.

C'est alors, après avoir ainsi montré l'étendue de ses connaissances en Chimie appliquée, et surtout lorsqu'il fut attaché, en 1904, au laboratoire d'essais du Conservatoire des Arts et Métiers, à titre de chef de section intérimaire, qu'il s'adonna plus spécialement à l'étude des actions qu'exercent les différents toxiques sur l'économie animale ou végétale, et en particulier à celle de l'hygiène des ateliers où se travaillent des substances vénéneuses.

Ces recherches, dont un certain nombre ont été exécutées en collaboration avec M. Heim, touchent à la plupart des industries qui dégagent dans l'atmosphère des produits nuisibles, comme l'hydrogène arsénié, dont M. Hébert fixe la limite de toxicité à 0,05 pour 1000, l'oxyde de carbone,

l'hydrogène sulfuré, les vapeurs de peroxyde d'azote, de sulfure de carbone, de benzène, d'aniline, de mercure, de plomb, les poussières émises au cours de la fabrication et de la manipulation du plâtre, etc.

Dans la plupart des cas, il indique le moyen de caractériser et de doser ces substances dans l'air qui les transporte, ainsi que la manière d'en atténuer autant que possible les effets. C'est une précieuse contribution qu'il a ainsi apportée à la connaissance et à l'amélioration de l'hygiène du travail; il n'eût certainement pas manqué de la rendre plus féconde encore, si la mort n'était venue prématurément le surprendre en pleine activité. L'importance pratique de ces recherches a paru à la Commission de nature à justifier l'hommage qu'elle propose, à l'unanimité, de rendre à la mémoire d'**Alexandre Hébert** en lui attribuant le prix Montyon des Arts insalubres pour l'année 1916.

### *Rapport de M.* **Ch. Moureu** *sur les travaux du Dr* Banzet.

Le Dr **Charles-Samuel Banzet**, médecin-major de 2e classe de l'armée territoriale, fut attaché, il y a environ dix-huit mois, aux services chimiques du Sous-Secrétariat de l'Artillerie. A cette époque, la protection des hommes de troupe contre les vagues asphyxiantes lancées par nos ennemis n'était assurée que d'une façon très précaire par des baillons imprégnés d'hyposulfite de soude. Tandis que M. le professeur Lebeau recherchait les substances neutralisantes les plus efficaces, le Dr Banzet, de son côté, poursuivait des études en vue de déterminer le meilleur appareil à adopter pour recevoir les imprégnations. Il eut le mérite de montrer, le premier, qu'il n'y avait pas avantage à orienter les recherches vers une cagoule protectrice, bien que l'armée anglaise se tournât résolument de ce côté.

De bonne heure il mit en évidence le rôle et l'importance du vestibule respiratoire d'un masque, et il définit les dimensions entre lesquelles devait osciller ce vestibule.

A la suite de ces recherches, il établit un masque respiratoire avec mode de fixation particulier. Cet appareil, que l'on dénomma « masque Banzet », fut reconnu de beaucoup préférable à tous ceux que l'on connaissait déjà, et il a été l'origine de tous les masques respiratoires proprement dits actuellement en usage dans l'armée française.

Au moment où sa confection allait commencer, une légère modification fut proposée, qui était de nature à abaisser le prix de revient.

Le Dr Banzet, qui était chargé de l'essai de tous les modèles de masques

soumis à la Commission, aurait pu chercher à défendre le modèle primitif. Avec un désintéressement parfait, non seulement il prôna la modification proposée, mais encore il changea le nom de l'appareil, pour lui donner celui d'un modeste employé, auteur de la modification jugée avantageuse.

Depuis cette époque, le Dr Banzet a poursuivi sans relâche les études qui ont permis d'améliorer peu à peu la protection de nos soldats et des ouvriers des usines chimiques. Il a établi, en outre, les notices décrivant l'usage de tous les appareils existants, et il a enseigné leur mode d'emploi dans divers cours officiellement institués à cet effet.

Le Dr **Banzet** a eu, en résumé, un rôle des plus actifs et des plus utiles dans la recherche et dans la mise au point des appareils respiratoires et protecteurs de toute nature, tant en ce qui concerne la protection des soldats que celle des ouvriers d'usine.

*Rapport de M.* **Ch. Moureu** *sur les travaux de M.* Langlais.

A l'atelier de chargement de projectiles d'Aubervilliers, toutes les vapeurs nocives des produits spéciaux sont entraînées, des points où elles se produisent, au moyen d'une ventilation énergique produite par aspiration. Ces émanations, ainsi diluées dans un grand excès d'air, étaient initialement déversées au dehors par une buse débouchant dans une cheminée inférieure. Il arrivait que le vent ramenait souvent ces vapeurs sur les ateliers, et cet état de choses pouvait être nuisible à la santé des ouvriers. On essaya à plusieurs reprises de débarrasser par barbotage l'air expulsé des vapeurs entraînées, mais les résultats obtenus furent d'abord médiocres, à cause de la grande dilution desdites vapeurs.

Le canonnier **Paul Langlais**, de l'atelier spécial d'Aubervilliers, docteur ès sciences de l'Université de Paris, eut l'idée de procéder à cette absorption à l'origine même des conduites d'aspiration, et près des points où se produisaient les vapeurs nocives.

Il imagina un certain nombre de petits appareils de filtration simples (colonnes à coke et à lessive de soude), qui furent placées près des orifices des jauges, des mélangeurs, des bouteilles de remplissage, des bancs de vissage des fusées, etc. L'air évacué est maintenant sain. Aucune odeur ne se fait sentir ni dans les cours de l'atelier ni dans le voisinage. De même le nettoyage des appareils, qui se faisait autrefois à l'alcool, se fait actuellement, sur la proposition faite par lui, avec de l'acétone, et, de ce chef, les vapeurs toxiques qui se produisaient dans les opérations de nettoyage

ont été notablement diminuées, et l'on a pu, du reste, dans les installations de lavage réalisées, les absorber complètement par des colonnes à coke et à soude.

De ce chef, et grâce aux soins apportés par M. Langlais à la bonne organisation du système, la santé et l'hygiène des ouvriers sont aujourd'hui sauvegardées dans toute l'usine.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

## PRIX JECKER.

(Commissaires : MM. Armand Gautier, Lemoine, Haller, Le Chatelier, Schlœsing père, Carnot, Maquenne; Charles Moureu, rapporteur.)

M. **Paul Lemoult**, à qui nous vous proposons de décerner le prix Jecker, périt le 1er mai 1916 dans la terrible explosion de l'usine de produits chimiques de La Palice, où il était mobilisé en qualité d'ingénieur en chef. Si cette fin tragique au service de la France, au milieu d'un personnel dévoué, avec lequel notre courageux collègue s'efforça jusqu'au dernier moment de prévenir la catastrophe, si une telle mort entoure d'une auréole de gloire le nom de Lemoult, elle laisse malheureusement un grand vide dans nos milieux scientifiques et universitaires, où il s'était fait de bonne heure une place fort distinguée par ses travaux de Chimie et une activité sans cesse en éveil.

Né le 5 janvier 1871 à Romeries (Nord), Lemoult fut admis à l'École Normale supérieure en 1891. Agrégé des Sciences physiques en 1894, il entra aussitôt au laboratoire de Berthelot, qu'il quitta en 1898, pourvu du grade de docteur ès sciences. Après un passage de quelques années dans une usine de matières colorantes, il fut nommé en 1902 maître de Conférences à la Faculté des Sciences de Lille, puis, à la mort de Wilm, en 1906, professeur titulaire de Chimie générale à la même Faculté.

Lemoult débuta dans la recherche originale par une Thèse sur le groupe si curieux des composés cyaniques. Ces substances se polymérisent avec une extrême facilité, et presque toujours trois molécules se condensent en une molécule trimère; c'est le cas notamment des acides, de leurs sels et de leurs éthers. Frappé de la régularité que présente l'allure du phénomène, Lemoult pensa à mesurer l'écart thermique qui sépare les deux molécules (simple ou trimère), afin de voir si la condensation s'accom-

pagne toujours de la libération d'une même quantité d'énergie. L'expérience lui a montré que, quand la polymérisation s'effectue sans changement de fonction, elle dégage une quantité de chaleur sensiblement constante; mais si les fonctions du trimère sont différentes de celle du terme initial, la chaleur de polymérisation, somme de deux phénomènes distincts quoique produits simultanément, varie dans des limites très étendues.

La Thermochimie, dont les méthodes lui étaient devenues familières par ce premier travail, devait, dans la suite et à différentes reprises, faire de la part de Lemoult l'objet de nombreuses recherches. Bornons-nous à rappeler spécialement, à cause de leur portée générale, celles qui concernent les relations entre les constantes thermochimiques des composés organiques et les formules de constitution. Il avait semblé à Lemoult que les chaleurs de combustion, qui touchent de près à la structure des molécules, puisqu'elles donnent la mesure de l'énergie mise en jeu au moment de leur destruction par combustion totale, devaient présenter un caractère additif. Il chercha donc à fixer pour le carbone, l'hydrogène, l'oxygène, l'azote, les halogènes, le soufre, etc., ainsi que pour les doubles et triples liaisons entre atomes de carbone, les valeurs de l'incrément thermochimique susceptibles de servir de base aux prévisions théoriques. Il réussit ainsi à retrouver, par un mode de calcul simple, les chaleurs de combustion de tous les corps (environ 600) qui avaient été l'objet de mesures calorimétriques directes. Il arriva, en outre, par un raisonnement que nous ne reproduirons pas ici, à des résultats inattendus, à savoir la connaissance des chaleurs de formation des molécules des corps simples à partir de leurs atomes constituants.

D'autres conséquences ont été dégagées par Lemoult des nombres obtenus par le calcul et de leur comparaison avec les données de l'expérience. Nous ne nous y arrêterons pas. Nous constaterons seulement que cet ensemble d'études calorimétriques, avec l'esprit philosophique qui les a inspirées, a classé Lemoult parmi les maîtres incontestés de la Thermochimie.

La brève incursion de Lemoult dans l'industrie des matières colorantes avait suffi à éveiller en lui le goût des recherches sur ces substances, par tant de côtés encore si mystérieuses. Les spectres d'absorption sollicitèrent d'abord son attention. L'idée directrice était la suivante : étant donnée la multitude des colorants de nuances variées que comporte une même série, est-il possible de trouver dans l'examen de ces nuances un facteur constant ou à peu près invariable? En étudiant au spectroscope des solutions aqueuses de divers colorants de la série du triphénylméthane, Lemoult observa une

bande lumineuse étroite dans le rouge et une bande lumineuse très large dans les radiations plus réfringentes. Cette seconde bande varie avec chaque colorant, c'est un facteur personnel; la première est une caractéristique de la famille. Ces résultats ont été étendus par l'auteur à une autre catégorie de matières colorantes : les indophénols.

Nous devons à Lemoult la découverte, toute récente, d'une nouvelle série de matières colorantes. Leurs leucobases sont dérivés du diphényléthylène, et ont pour type le tétraméthyldiaminodiphényléthylène. Elles s'obtiennent par réaction des composés éthéro-organomagnésiens de Grignard sur la cétone de Michler (ou sur les corps analogues): oxydées par l'acide nitreux, le bioxyde de plomb, le chlorure ferrique, les permanganates et les bichromates, elles fournissent de magnifiques colorants bleus ou verts. Ce travail, qui apparaît comme riche de promesses, a été interrompu par la guerre.

Au pentachlorure de phosphore $PCl^5$ doit correspondre un acide phosphorique $P(OH)^5$ encore inconnu. Lemoult s'est proposé d'obtenir cet acide pentabasique. S'il n'y a pas réussi, il est parvenu à atteindre quelques-uns de ses dérivés. Il a préparé, notamment, une base phospho-anilidée d'un type tout à fait inconnu jusque-là, et, avec les homologues de l'aniline et l'alcool sodé, plusieurs dérivés pentasubstitués.

Lemoult a encore publié nombre d'autres travaux, qui sont relatifs à divers composés minéraux ou organiques. Nous nous contenterons, pour clore ce rapide exposé, de mentionner la préparation très délicate de l'acétylène bibromé, corps extrêmement instable, spontanément inflammable à l'air et explosif.

On n'aurait qu'une idée bien imparfaite des mérites scientifiques de Lemoult et des services qu'il a rendus à son pays, si nous passions sous silence un autre aspect de sa belle et trop courte carrière.

Placé au centre de cette région si industrielle du Nord, sa petite patrie, il était constamment préoccupé des services que la Chimie pouvait et devait rendre aux différentes industries. Il avait orienté plusieurs de ses recherches dans ce sens, notamment celles sur la détermination rapide du pouvoir calorifique des gaz combustibles. Il avait accepté la direction de l'École de Commerce du Nord, et il s'était acquis une légitime autorité auprès des manufacturiers, qui faisaient souvent appel à ses lumières, soit pour des questions en litige, soit pour l'étude de problèmes particuliers.

Il est hors de doute qu'il aurait joué un rôle hautement utile au lende-

main de la guerre, lors de la réorganisation et du développement de l'industrie chimique dans les régions envahies.

C'est une force réelle que la Science française vient de perdre par la mort prématurée de **Lemoult**. En consacrant l'importance de ses travaux par l'attribution du prix Jecker, l'Académie accomplira un acte de justice et honorera la mémoire de cette noble victime du devoir patriotique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

## PRIX LA CAZE.

(Commissaires : MM. Armand Gautier, Lemoine, Haller, Le Chatelier, Moureu, Schlœsing père, Carnot, Maquenne.)

Le prix n'est pas décerné.

## FONDATION CAHOURS.

(Commissaires : MM. Armand Gautier, Lemoine, Haller, Le Chatelier, Moureu, Schlœsing père, Carnot, Maquenne.)

Les arrérages de la fondation Cahours sont attribués à M. **Jacques Bongrand**, auteur de travaux chimiques intéressants, qui vient d'être tué à l'ennemi.

## PRIX HOUZEAU.

(Commissaires : MM. Armand Gautier, Lemoine, Le Chatelier, Moureu, Schlœsing père, Carnot, Maquenne; A. Haller, rapporteur.)

Le prix Houzeau est destiné à récompenser un jeune chimiste méritant. Nul mieux qu'**Édouard Bauer** ne remplissait les conditions voulues pour obtenir ce prix.

Ancien élève de l'Institut chimique de la Faculté des Sciences de Nancy, Bauer a couronné ses études d'ingénieur chimiste par des recherches de Chimie physique, exécutées sous la direction de son maître M. P.-Ph. Muller, et dont les résultats furent présentés comme thèse de doctorat d'Université.

Dans ce travail, l'auteur consacre d'abord un Chapitre à la préparation

d'un certain nombre de composés isonitrosés : acide isonitrosocyanacétique, isonitrosocyanates de méthyle et d'éthyle, isonitrosoacétylacétate d'éthyle, etc., qu'il a amenés à un degré de pureté inconnu jusqu'alors.

Il détermine ensuite la chaleur de neutralisation de ces composés, ainsi que celle du phénol, et complète ces expériences par la mesure de la chaleur dégagée dans l'action de l'acide chlorhydrique sur les sels de soude des acides cités, dans les mêmes conditions que les chaleurs de neutralisation.

Dans un autre Chapitre, Bauer s'occupe de la conductibilité des deux pseudoacides suivants : isonitrosocyanacétate d'éthyle et isonitrosoacétoacétate d'éthyle, en commencant par mesurer la conductibilité limite de ces acides de 0° à 40° au moyen des mesures de conductibilité de leur sel de soude.

L'auteur a ensuite déterminé le coefficient d'affinité de ces mêmes dérivés de 0° à 40° et, à l'aide de la formule de Van' t Hoff, il a calculé les chaleurs de dissociation correspondantes. Elles concordent parfaitement avec ces mêmes chaleurs de dissociation, obtenues directement dans ses mesures thermochimiques. Comme on pouvait le prévoir, la formule de Van't Hoff s'applique très bien à l'équilibre électrolytique des pseudoacides.

Un dernier Chapitre de cet important travail contient les déterminations réfractométriques de 127 corps, notamment celles ayant trait aux composés à radicaux négatifs. L'auteur a fait ressortir, une fois de plus, l'influence de ces radicaux sur la réfraction moléculaire de ce genre de composés.

En possession de son Doctorat d'Université, Bauer visa plus haut et vint à la Sorbonne, d'abord comme élève, et ensuite comme préparateur de la chaire de Chimie organique. Son maître l'associa promptement à ses travaux et publia avec lui une série de Notes et de Mémoires sur de nouveaux dérivés du camphre et sur une suite de recherches ayant pour caractéristique l'action de l'amidure de sodium sur les aldéhydes et les cétones. Pas moins de trente publications, insérées dans les *Comptes rendus* et dans les *Annales de Physique et de Chimie*, résument cette active et fructueuse collaboration.

De l'ensemble de ces recherches, Bauer détacha un Chapitre ayant trait à l'action de l'amidure de sodium sur les dicétones. Avec le dibenzoyl-1.4-butane il obtient de la sorte deux benzoyl-1-phényl-2-cyclopentènes possédant la double liaison respectivement en $\Delta_1$ et $\Delta_2$, et dont il étudia soigneusement la constitution en en préparant différents dérivés. Le dibenzoyl-1.5-pentane subit, sous l'action de l'amidure de sodium, la même condensation que son homologue inférieur et se transforme en un mélange de deux

benzoyl-1-phényl-2-cyclohexènes, possédant la liaison éthylénique respectivement en $\Delta_1$ et en $\Delta_2$. L'histoire de ces dérivés a également été complétée par l'étude de leur dédoublement et de quelques-uns de leurs dérivés.

Dans une seconde partie de son travail, Bauer a entrepris la cyclisation des acides δ-benzoylvalérique et ε-benzoylcaproïque qui se transforment respectivement en α-benzoylcyclopentanone et α-benzoylcyclohexanone dont il fixe encore la fonction et la constitution par l'étude d'un ensemble de dérivés.

Au cours de ce travail, Bauer ne se borna pas aux expériences purement chimiques, mais se souvenant qu'il était aussi expert en Chimie physique qu'en Chimie proprement dite, il appela à son secours les mesures physiques pour étayer ses vues sur la constitution des molécules complexes mises au jour.

Les beaux résultats qu'il avait obtenus, la conscience qu'il avait mise à les réaliser, l'ont autorisé à présenter ce travail comme thèse de Doctorat ès sciences physiques à la Faculté de Paris qui lui conféra le grade de Docteur avec la mention « très honorable ».

En possession de ce grade, Bauer fut appelé à seconder le Directeur d'un des grands laboratoires de Paris, lorsque la guerre éclata et l'amena à se ranger provisoirement parmi les défenseurs de Toul. Mais l'impérieuse nécessité de trouver, pour nos usines de guerre, des hommes capables de diriger nos fabrications d'explosifs, le fit attacher à une de nos poudreries où il rendit les plus grands services. Cette affectation lui fut particulièrement pénible, car, Alsacien de naissance, il rêvait de prendre part à la mêlée et de faire partie de nos troupes de première ligne. Le surmenage auquel il se livra, et certainement aussi le profond regret qu'il éprouva de ne pouvoir se battre sur le front, ont déterminé chez lui une dépression qui le rendit incapable de résister au mal qui l'a étreint. Il a succombé, en service commandé, le 30 décembre 1915, en laissant une jeune veuve et un enfant. C'est à ces êtres chers qu'ira la récompense dont l'Académie dispose. Son attribution ne peut être qu'une faible atténuation à la douleur ressentie par la disparition si prématurée de l'époux et du père. Elle contribuera à perpétuer le souvenir du savant désintéressé et du patriote fervent qu'était **Édouard Bauer**.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

## MINÉRALOGIE ET GÉOLOGIE.

### PRIX VICTOR RAULIN.

(Commissaires : MM. Barrois, Douvillé, Termier, De Launay, Edmond Perrier, A. Lacroix, Depéret; Wallerant, rapporteur.)

Les roches éruptives, une fois formées, subissent de la part des agents extérieurs des actions de nature fort variable qui modifient profondément leurs caractères. Certains changements d'ordre mécanique se reconnaissent sans difficulté, mais il n'en est pas de même des modifications d'ordre chimique : grâce à la circulation des eaux, des éléments étrangers peuvent intervenir, qui, en se combinant avec les produits de la décomposition des cristaux primitifs, donnent naissance à de nouveaux cristaux. L'étude de ces phénomènes chimiques est très délicate et les conclusions comportent toujours un certain degré d'incertitude puisqu'on n'a que des renseignements très vagues sur les éléments d'apport. On doit donc savoir grand gré aux savants qui n'hésitent pas à s'adonner à des recherches dont les résultats ne sont pas toujours en rapport avec le travail qu'elles nécessitent. M. J. DE LAPPARENT s'est précisément adonné à ce genre d'étude et, avec beaucoup de perspicacité, a élucidé un certain nombre de points obscurs. Ce sont les porphyroïdes des Ardennes et de la Vendée qui ont appelé tout d'abord son attention. Ils renferment des cristaux potassiques, tels que les feldspaths primitifs; il était donc tout naturel d'admettre que les éléments potassiques secondaires se soient formés aux dépens des premiers. Il n'en est rien : la potasse du mica blanc est un élément apporté qui, s'unissant aux produits de décomposition des feldspaths calco-sodiques, donne naissance au mica dont les lamelles en s'orientant parallèlement donnent une pâte schisteuse. Quant à l'origine de ces porphyroïdes elle se trouve élucidée par M. de Lapparent, grâce à la découverte d'une apophyse transversale, issue d'une des masses principales et traversant les strates sédimentaires : ce sont des microgranites modifiés.

Dans un autre ordre d'idées, M. J. de Lapparent a étudié les actions des éléments des pegmatites sur les roches basiques, des gabbros de la région des Pyrénées. Les éléments d'un feldspath en agissant sur un métasilicate,

tel que l'hypersthène, donnent naissance à de la biotite. Un granit pourrait donc se former aux dépens d'une roche basique par l'action des éléments d'une pegmatite.

C'est là une question du plus haut intérêt qui méritait de nouvelles recherches. Par l'étude d'un ancien volcan permien (le Pic du Midi d'Ossau) l'auteur pense établir la généralité du résultat : les roches acides se forment par l'action des éléments d'une pegmatite sur un magma basique.

Incidemment, l'étude de ces roches lui permet de mettre en évidence la parenté qui existe entre les pyroxènes et les grenats. On sait combien est encore obscure la chimie des silicates dont la constitution est généralement inconnue. Ce n'est que peu à peu que le problème s'éclaircit : il n'est donc pas sans intérêt de montrer que les grenats sont des métasilicates.

D'autre part, M. J. de Lapparent a étudié les modifications présentées par des enclaves du granite, et a constaté des faits venant à l'appui de ses hypothèses. Il a montré que la biotite pouvait se former aux dépens d'un pyroxène calcaire tel que l'augite; la chaux éliminée se fixant généralement dans la biotite même, sous forme d'apatite.

L'association constante d'apatite et de biotite dans tous les granites, en dehors de toute présence connue d'enclaves basiques, incite à penser que les éléments ferrifère et magnésien des roches acides sont tirés de magmas basiques sur lesquels ont pu agir les éléments d'une pegmatite.

Enfin, s'étant occupé à Lille de la question du limon du nord de la France, M. de Lapparent a pu faire part à la Société géologique du Nord de ses recherches, uniquement d'ordre stratigraphique.

Tels sont, brièvement résumés, les divers travaux de M. J. de Lapparent. Ses vues sur l'origine des roches éruptives demandent évidemment à être vérifiées expérimentalement. Mais, précisément, elles présentent ce grand intérêt de fournir des indications sur les procédés de synthèse des roches acides, et c'est déjà beaucoup de savoir comment aborder ce problème si mystérieux. Aussi la Commission a-t-elle estimé qu'il y avait lieu d'attribuer le prix Victor Raulin à l'ensemble des recherches de M. **J. de Lapparent**.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

## BOTANIQUE.

### PRIX DESMAZIÈRES.

(Commissaires : MM. Guignard, Gaston Bonnier, Costantin, Edmond Perrier, Müntz, Bouvier; Mangin, rapporteur.)

Parmi les Mémoires soumis à son examen, votre Commission a retenu un Ouvrage de grande valeur : *Les Mousses de Madagascar*, par MM. **F. Renault** et **J. Cardot**, comprenant un volume de texte et un volume de planches (187) où sont décrites et figurées les espèces intéressantes de la flore bryologique de notre grande colonie. Cette flore comprend près de 550 espèces réparties en 31 familles et 130 genres.

Le domaine malgache, caractérisé par plusieurs genres spéciaux et une forte proportion d'espèces endémiques, 180 pour 100, constitue un domaine particulier qui présente, par ses espèces et ses genres non endémiques, des relations étroites d'une part avec l'Afrique tropicale et, d'autre part, avec les îles austro-africaines de l'océan Indien : Mascareignes, Comore, Seychelles.

Mais ces relations ont un caractère très différent bien mis en valeur par MM. Renault et Cardot. Par l'ensemble de ses types génériques, la flore bryologique malgache et la flore africaine tropicale se rapprochent plus de la flore sud-américaine que de la flore indo-javanaise ; elle marque une connexion assez étroite entre le continent africain et le continent sud-américain. Mais le très petit nombre d'espèces communes ou affines indique que les connexions de ces deux continents sont très anciennes et que les relations d'échanges ont cessé depuis une époque entièrement reculée.

Les relations entre la flore malgache et la flore indo-javanaise, marquées par des espèces communes ou affines relativement très nombreuses, indiquent au contraire des connexions très récentes et qui se continuent de nos jours par l'influence des courants atmosphériques ou par celles des oiseaux migrateurs.

Après cet exposé d'une haute portée scientifique, les auteurs traitent de la distribution des espèces et ils distinguent à Madagascar quatre zones

principales : 1° la *zone des forêts*, caractérisée par un régime *hydro-tropical;* elle comprend tout le versant oriental et toute l'extrémité nord de l'île jusqu'au 14°20′ (lat. Sud). Les trois autres zones : *zone du plateau central, zone des savanes occidentales, zone des landes méridionales,* qui se partagent le reste de l'île, ont un régime xérotropical.

La partie systématique de l'Ouvrage est consacrée à la description des espèces qui toutes ont été l'objet d'une revision attentive; des notes critiques parfois très étendues complètent les descriptions qui sont illustrées par un atlas où les caractères spécifiques sont analysés et reproduits avec une grande précision. Un genre nouveau et une trentaine d'espèces nouvelles y sont décrits pour la première fois.

Les résultats de cette œuvre magistrale ont conduit votre Commission à vous proposer à l'unanimité d'attribuer le prix Desmazières à MM. **Renault** et **Cardot.**

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

## PRIX MONTAGNE.

(Commissaires : MM. Guignard, Gaston Bonnier, Mangin, Costantin, Edmond Perrier, Müntz, Bouvier.)

Le prix n'est pas décerné.

## PRIX DE LA FONS MÉLICOCQ.

(Commissaires : MM. Guignard, Gaston Bonnier, Mangin, Costantin, Edmond Perrier, Müntz, Bouvier.)

Le prix n'est pas décerné.

## PRIX DE COINCY.

(Commissaires : MM. Guignard, Mangin, Costantin, Edmond Perrier, Müntz, Bouvier; Gaston Bonnier, rapporteur.)

Parmi les travaux présentés pour le prix de Coincy, la Commission a distingué l'ensemble des recherches de M. **R. Souèges** sur l'embryogénie des Renonculacées et des Crucifères.

Dans une série de Mémoires et de Notes, l'auteur a étudié avec soin toutes les phases du développement de l'embryon chez un certain nombre d'espèces de ces deux familles, et principalement des Renonculacées, groupe qui réunit, comme on sait, des plantes d'aspect et d'organisation assez variables.

Sans entrer dans des considérations par trop techniques, il suffira de dire, au sujet des Renonculacées, que M. Souèges parvient à distinguer, par les seuls caractères de l'hypostase et des antipodes, les genres *Myosurus*, *Anemone*, *Clematis*, *Ranunculus* (y compris *Ficaria*) et *Adonis*.

Ces caractères, s'ils sont assez délicats à observer, ont le mérite d'être absolument constants, comme tous ceux qui ont trait aux tissus voisins de la formation de l'œuf.

L'auteur fait aussi une comparaison intéressante entre l'embryogénie des Renonculacées et celle des Solanées au point de vue du nucelle, de l'hypostase, des antipodes, de l'albumen, de la nutrition du sac, des téguments et du micropyle.

Une autre comparaison, qui mérite particulièrement d'être signalée, est celle que fait M. Souèges entre le développement de l'embryon chez le *Myosurus minimus* (Renonculacées) et le *Lepidium sativum* (Crucifères) chez lequel l'auteur reprend, avec plus de précision, les observations classiques de Hanstein.

On trouve chez les Crucifères des marques d'adaptation et des phénomènes d'accélération qu'on ne remarque pas chez les Renonculacées et en particulier chez le *Myosurus minimus*. Ce dernier, remarque curieuse, où l'évolution de l'embryon est plus simple et, pourrait-on dire primitive, présente des relations étroites avec le développement de l'embryon des Cryptogames vasculaires, du *Selaginella denticulata* par exemple. On y saisit même des analogies frappantes avec l'évolution embryonnaire de Muscinées inférieures (*Riccia*, *Anthoceros*, *Marchantia*).

En somme, l'ensemble de ces observations très délicates, dont les descriptions minutieuses sont accompagnées de très nombreuses figures exécutées par l'auteur, ont déterminé la Commission à accorder le prix de Coincy à M. **R. Souèges.**

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

---

## ANATOMIE ET ZOOLOGIE.

---

### PRIX CUVIER.

(Commissaires : MM. Ranvier, Edmond Perrier, Delage, Henneguy, Marchal, Grandidier, Müntz, le prince Bonaparte; Bouvier, rapporteur.)

Le développement des voyages de recherches, qui marche de pair avec celui des progrès de la science biologique, a eu pour résultat la spécialisation, surtout dans les travaux consacrés au classement des animaux et des plantes. A mesure que l'on se rapproche de notre époque, on voit se restreindre le domaine choisi par le zoologiste systématicien : Lamarck l'étend à tous les animaux sans vertèbres, Latreille le réduit aux Arthropodes, Henri Milne-Edwards à la série carcinologique tout entière et son fils aux seuls Crustacés décapodes. C'est une nécessité; les découvertes ont apporté un tel afflux de formes nouvelles qu'il est devenu impossible au zoologiste de les connaître toutes sans limiter à un groupe le champ de ses recherches. On a déploré cette spécialisation outrancière sous prétexte qu'elle portait préjudice aux œuvres de généralisation; mais a-t-on pris garde qu'elle est produite par les richesses mêmes que nous offre la nature, et qu'étant données ces richesses, la meilleure manière d'ouvrir les voies à la généralisation c'est de mesurer exactement la valeur de chacune et d'en extraire, pour ainsi dire, la substantifique moelle. Au surplus, de tous les principes qui régissent les recherches, il en est un qu'on ne saurait enfreindre sans péril, c'est celui qui consiste à déterminer très exactement l'objet qu'on étudie, et pour cette détermination, à cause de la variété infinie des êtres, il faut bien recourir au spécialiste systématicien.

C'est pour donner une marque de sympathie aux chercheurs de cette espèce que nous vous proposons d'attribuer à M. **Édouard Chevreux** le prix Cuvier, qui est un des plus estimables dont dispose notre Académie.

M. Édouard Chevreux est un travailleur libre qui s'est voué à l'étude des petits Crustacés qu'on appelle vulgairement *Crevettines*, et que les zoologistes ont désigné sous le nom d'*Amphipodes*. Avec le Révérend Stebbing, il est devenu un maître incontesté dans la connaissance de ce

vaste groupe, qui comprend des milliers d'espèces et qui offre des difficultés toutes particulières à cause de l'aspect assez uniforme que présentent la plupart de ses espèces. Pour connaître ces animaux il ne suffit pas d'en étudier le corps et les ornements qu'il porte, il faut disséquer un à un leurs nombreux appendices, en faire presque toujours un examen microscopique et les reproduire par des dessins très minutieux. Alors l'uniformité du groupe disparaît pour faire place à une variété extraordinaire, qui est en rapport étroit avec les habitudes propres à chaque espèce. M. Chevreux possède la patience et le talent que réclament les recherches de cette sorte; il est non seulement un dessinateur habile et rigoureux, mais il a le sens des interprétations et il sait apercevoir les mœurs à travers les détails de la structure. C'est un systématicien biologiste. Depuis trente ans qu'il se livre sans interruption à ses recherches favorites, il a pu examiner sur le vif les Amphipodes de nos régions; celles qui vivent sur la terre ou dans les eaux douces n'ont plus de secrets pour lui, et quant aux innombrables espèces marines, elles comptent également parmi ses familières, car il les a pêchées un peu partout, soit à bord d'une simple barque, soit au moyen de son yacht *Melita* qui le conduisit du Croisic au Sénégal et en de nombreux points de la Méditerranée.

Dans plusieurs importants Mémoires, M. Chevreux a fait l'étude complète des nombreux Amphipodes recueillis au cours des campagnes océanographiques effectuées dans nos mers ou par M. Jean Charcot dans les parages du pôle Sud. C'est parmi les matériaux obtenus durant les campagnes de l'*Hirondelle* et de la *Princesse-Alice* qu'il a trouvé le *Cyptophium chelonophilum*, un Crustacé commensal qui se tient sous la queue et sur les pattes de la Tortue caret. Le commensalisme est rare chez les Amphipodes, sauf toutefois chez les Hypériniens et formes voisines qui habitent, à un certain stade, la cavité gastro-vasculaire des Polypes et des Tuniciers pélagiques; il est une acquisition de certaines espèces, car l'auteur a découvert dans les environs de Nice une *Vibilia* nouvelle (*Vibilia erratica*) qui, au lieu de se loger comme les espèces voisines dans la chambre branchiale des Salpes, vit continuellement à l'état de liberté. Parmi les Amphipodes marins étudiés par M. Chevreux il faut signaler une forme géante, l'*Alicella gigantea*, capturée par la *Princesse-Alice* dans l'Atlantique; cet Amphipode dépasse tous les autres par sa grande taille, car il ne mesure pas moins de 140$^{mm}$, ce qui est énorme dans un groupe dont la taille moyenne est représentée par celle du *Gammarus pulex*, qui habite nos eaux douces; l'*Alicella gigantea* est aussi, de tous les Amphipodes, celui qui descend le plus dans les abysses; il fut capturé par

5285$^{m}$ de profondeur. Sans atteindre des dimensions aussi grandes, les Amphipodes des régions polaires sont très souvent remarquables par leur taille; M. Chevreux en a trouvé plusieurs dans les récoltes effectuées au pôle Sud par M. Charcot; mais ce qui résulte surtout des études qu'il a faites au moyen de ces dernières récoltes, c'est que les espèces communes aux deux pôles sont très rares (six en tout) et que, par contre, beaucoup de familles qui sont bien représentées à l'un des pôles n'ont pas de représentants dans l'autre.

Pour être moins nombreuses que les précédentes, les recherches de M. Chevreux sur les Amphipodes d'eau douce ne sont pas d'une importance moindre et offrent peut-être un plus vif intérêt. En étudiant les très riches matériaux recueillis pour le Muséum par M. Labbé dans le lac Baïkal, notre auteur a largement étendu les découvertes effectuées dans les grands lacs asiatiques par Dybowski; il y a là toute une faune spéciale qu'on était loin de soupçonner aussi polymorphe, et notamment des formes épineuses géantes, les *Acanthogammarus*, dont M. Chevreux a fait connaître plusieurs espèces. Parmi les matériaux rapportés des lacs de Syrie par M. Barrois, et des lacs des hauts plateaux de l'Amérique du Sud par M. de Créqui-Montfort, il a également trouvé maintes formes intéressantes. En étudiant un petit Crustacé trouvé sous les pierres, à la ligne d'eau, dans l'îlot d'Alboran, non loin de la côte algérienne, par M. le Dr Richard, il a été surpris de trouver une *Hyalella* nouvelle (*Hyalella Richardi*); or, toutes les espèces jusqu'alors décrites dans ce genre sont américaines et fréquentent exclusivement les eaux douces; la découverte de l'*H. Richardi* montre que les *Hyalella* étaient primitivement marines, répandues à travers tout l'Atlantique, et qu'elles se sont adaptées à la vie dans les eaux douces en cherchant d'abord un abri sous les pierres du littoral. M. Chevreux a porté une attention toute spéciale sur les Amphipodes adaptés à la vie souterraine; il a étudié mieux qu'aucun autre les *Niphargus*, qui sont des Crevettines aveugles assez communes dans les eaux des puits et des cavernes; on lui doit une exacte connaissance du remarquable *Niphargus Virei* très répandu dans les grottes jurassiennes où il fut découvert par M. Armand Viré, et de nombreuses autres espèces du même genre et d'un type nouveau, *Pseudoniphargus africanus*, qu'il trouva lui-même dans un puits non loin de la propriété où il réside à Bône. C'est lui également qui a étudié les Crevettines recueillies dans les cavernes par M. Racovitza, et notamment le curieux *Metacrangonyx longipes* qui habite les grottes des Baléares. Récemment, il a consacré une étude intéressante à un Amphipode, *Hyale Jeanneli*, découvert par MM. Al-

luaud et Jeannel dans les puits et les lacs des environs de Zanzibar. Ce Crustacé, dit-il, « est très remarquable par son manque d'organes de vision, alors que tous les *Hyale* connus... possèdent des yeux bien conformés. La présence de ces Amphipodes aveugles dans les lacs Machumvi semblerait indiquer que ces lacs communiquent avec la nappe d'eau souterraine qui alimente le puits de Kombéni. Cette nappe d'eau serait le véritable habitat de *H. Jeanneli*. On sait que *Niphargus Virei*, Gammaride aveugle des eaux souterraines du centre et du midi de la France, se trouve, en pleine lumière, dant le bassin d'émergence des sources de la Robine (Hérault) ». Les espèces aveugles proviennent évidemment de formes libres qui ont perdu leurs organes visuels en s'adaptant à la vie souterraine; les exemples précédents montrent qu'elles peuvent revenir à la lumière et il sera curieux de savoir si, à la longue, elles y retrouvent leurs yeux.

Les Amphipodes sont essentiellement des animaux marins, et c'est par la suite d'une adaptation progressive qu'ils peuvent vivre dans les eaux douces. Une adaptation de même nature conduit certains d'entre eux à une existence purement terrestre, dans les lieux plus ou moins humides. C'est dans la famille des Talitridés qu'on observe une adaptation de cette sorte, que faisaient prévoir les habitudes de notre vulgaire Talitre qui pullule sur le sable des grèves à la limite des marées, et celles très analogues de plusieurs Orchesties. M. Chevreux a consacré de nombreuses études aux Amphipodes franchement adaptés à la vie terrestre. A la suite de recherches entreprises dans les serres du Muséum, il a fait connaître sous le nom de *Talitrus Alluaudi* un minuscule Talitre bien acclimaté dans ces serres; en même temps il retrouvait le même dans les chasses terrestres effectuées aux Seychelles par M. Alluaud; depuis lors, on le lui a communiqué de Monaco et de diverses parties de la France où il est localisé dans les serres, enfin des îles Gambier où M. Gaston Seurat l'a trouvé sous les pierres en compagnie des Cloportes. Ainsi, grâce à ses habitudes, le *Talitrus Alluaudi*, qui est une espèce tropicale, semble s'être répandu en tous lieux où il trouve un abri et une température convenables. On doit à M. Chevreux des observations non moins intéressantes sur d'autres espèces adaptées à la vie terrestre : sur l'*Orchestia Chevreuxi*, par exemple, qui fut trouvé par M. de Guerne aux Açores pendant une campagne de l'*Hirondelle*, et que M. Chevreux signale aux Canaries où il ne redoute pas les hauteurs de la montagne; sur le *Talorchestia rectimana* qui fut capturé par M. Seurat dans l'île de Taïti où il s'étend depuis le littoral jusqu'à 150$^{m}$ d'altitude, et sur quelques autres espèces déjà connues qui ont un habitat très analogue. Comparant entre elles ces espèces

terrestres, M. Chevreux a montré qu'elles ont toutes pour caractéristique un développement remarquable des lobes branchiaux de leurs gnathopodes postérieurs, d'où leur adaptation à un genre de vie qui est tout à fait exceptionnel dans le groupe des Amphipodes.

On voit, par cet exposé rapide, combien sont intéressantes les questions abordées par M. Chevreux au cours de ses longues et patientes recherches.

Il convient de donner une marque de profonde estime aux travailleurs libres qui pratiquent, avec un si grand succès, le culte désintéressé de la Science; c'est pourquoi votre Commission est unanime pour vous proposer d'attribuer à M. **Chevreux** le prix Cuvier.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

## PRIX SAVIGNY.

(Commissaires : MM. Ranvier, Edmond Perrier, Delage, Henneguy, Marchal, Grandidier, Müntz, le prince Bonaparte; Bouvier, rapporteur.)

Votre Commission vous propose à l'unanimité d'attribuer le prix Savigny à M. **Ed. Lamy**, assistant de la chaire de Malacologie au Muséum.

M. Lamy s'est voué aux études malacologiques depuis une quinzaine d'années, et, dès ses débuts, il a montré qu'il prendrait place parmi les meilleurs de ceux qui cultivent cette branche de la Science; ardent travailleur, il a exécuté depuis lors un ensemble de travaux des plus considérables; esprit fin et délicat, enclin aux rapprochements et à la précision, il a montré dans ces travaux une méthode et une vigueur qui ont amplement justifié les espoirs que le Muséum avait fondés sur lui. Partout on l'apprécie, et il continuera dignement chez nous la lignée des Fischer, des Bourguignat et des Locard; nos meilleurs malacologistes, M. le D^r Jousseaume et M. Dautzenberg, le tiennent en grande estime et lui en donnent chaque jour des preuves.

C'est à cause de sa valeur et surtout parce qu'il s'occupe à peu près exclusivement de l'océan Indien et de la mer Rouge qui en est un diverticule, que nous proposons M. Lamy à vos suffrages. Dans l'ordre malacologique on peut, en effet, le regarder comme un des continuateurs de Savigny, car il a étudié avec une absolue rigueur les espèces simplement figurées par l'illustre zoologiste de l'Expédition d'Égypte; et cette étude paraissait à tous des plus nécessaires en raison des controverses et des confusions

auxquelles avaient donné lieu, faute de texte suffisamment précis, les figures de nombreuses espèces. Les observations qu'il a effectuées dans cette voie sont consignées dans des monographies génériques qui rendent les plus grands services aux conchyliologistes; monographies des Arches, des Pétoncles, des Scrobiculariidés, etc., que l'auteur présente modestement comme de simples revisions, mais qui offrent en réalité les meilleurs caractères des recherches monographiques.

Les formes passées en revue dans ces monographies abondent dans la mer Rouge et particulièrement dans la baie de Tadjourah où M. Jousseaume et M. Gravier ont fait de si amples récoltes. Elles ne sont pas moins nombreuses dans l'océan Indien, et c'est pourquoi M. Lamy est devenu un spécialiste des coquilles de cette région du globe; il a publié un Mémoire intéressant sur les Lamellibranches recueillis à l'île Maurice par M. Paul Carié, le généreux correspondant du Muséum, et un autre, plus étendu encore, sur les coquilles marines recueillies à Madagascar par un voyageur de l'établissement, le regretté Geay.

Tous ceux qui furent les passionnés d'une étude ont cherché des émules capables de la continuer avec eux. C'est ce qu'a fait M. le Dr Jousseaume, l'infatigable malacologiste qui a consacré un si grand nombre d'années à l'exploration scientifique de la mer Rouge; il ne peut plus, aujourd'hui, mettre en œuvre les matériaux incomparablement riches qu'il a recueillis durant ses voyages, mais il a fait choix de M. Lamy pour continuer cette œuvre, et en offrant ses collections au Muséum, il a la certitude qu'elles seront utilisées au grand profit de la Science par le disciple de son cœur. Son espoir ne sera pas déçu; avec les collections que lui remet par lot M. Jousseaume, M. Lamy a déjà trouvé la matière de deux opuscules intéressants, l'un consacré aux Lucines et aux Diplodontes de la mer Rouge, le second aux Mactres et aux Lutraires. Il en publiera certainement beaucoup d'autres, et ainsi se parachèvera, tout au moins pour les Mollusques, le grand Ouvrage dont Savigny jeta les bases et auquel M. Jousseaume a consacré un long et patient labeur.

Nous croyons donc faire œuvre de justice et répondre aux vœux des conchyliologues en vous proposant d'attribuer le prix Savigny au zoologiste distingué qui comprend si bien son rôle d'assistant au Muséum.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

## PRIX THORE.

(Commissaires : MM. Ranvier, Edmond Perrier, Delage, Bouvier, Henneguy, Marchal, Grandidier, Müntz, le prince Bonaparte.)

Le prix n'est pas décerné.

# MÉDECINE ET CHIRURGIE.

## PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. Guyon, Dastre, Chauveau, Armand Gautier, Guignard, Henneguy; d'Arsonval, Laveran, Charles Richet et Roux, rapporteurs.)

La Commission propose à l'Académie de décerner :

Un prix de *deux mille cinq cents francs*, au Dr **Octave Laurent**, pour l'ensemble de ses travaux de chirurgie;

Un prix de *deux mille cinq cents francs*, aux Drs **Edmond Sergent** et **Henri Foley**, pour leurs travaux sur la fièvre récurrente;

Un prix de *deux mille cinq cents francs*, au Dr **Maurice Letulle**, pour son Ouvrage intitulé : *La tuberculose pleuro-pulmonaire;*

Une mention de *quinze cents francs*, au Dr **Jules Glover**, pour son travail sur la voix solidienne;

Une mention de *quinze cents francs*, au Dr **R.-J. Weissenbach**, pour son travail intitulé : *Étude comparée de quelques propriétés biologiques du sérum et des hématies dans les états anémiques;*

Une mention de *quinze cents francs*, au Dr **Henri Stassano**, pour ses recherches sur la stérilisation des cultures ou des émulsions microbiennes sous couche mince.

*Rapport de M.* **Laveran** *sur les travaux de M.* O. Laurent.

M. le D^r^ **O. Laurent** est professeur de médecine opératoire à l'Université de Bruxelles et chirurgien-chef de l'hôpital Saint-Jean de Bruxelles.

Pendant les guerres des Balkans, en 1912 et 1913, M. Laurent a été chef des Ambulances de la Croix Rouge; il a écrit un livre remarquable orné de nombreuses figures et radiographies, intitulé : *Onze mois de chirurgie de guerre dans les Balkans*. Quand la guerre actuelle a éclaté, il avait donc acquis déjà une grande expérience qu'il a mise d'abord au service de ses compatriotes, puis, après l'envahissement de la Belgique par l'armée allemande, au service de l'armée française; depuis plus d'un an il est chirurgien de l'hôpital militaire du Grand Palais à Paris.

Le D^r^ Laurent a envoyé, pour le concours aux Prix Montyon, un grand nombre de publications concernant l'organisation du service chirurgical aux armées et les blessures de guerre.

Parmi les publications sur les blessures de guerre qui présentent le plus d'intérêt nous citerons celles qui concernent les blessures des nerfs et des artères, la technique d'extraction des projectiles cardio-péricardiques, les accidents nerveux produits par les projectiles de guerre sans trauma immédiat, les avantages de la suture au fil d'argent des grands os dans les fractures compliquées.

La Commission, estimant qu'il s'agit d'une œuvre originale de grande valeur et de grande utilité, propose de décerner un prix Montyon à M. le D^r^ **Laurent**.

*Rapport de M.* **Roux** *sur les études de MM.* Edmond Sergent *et* Henri Foley, *sur la fièvre récurrente.*

Depuis longtemps, on soupçonnait que le virus de la fièvre récurrente est transmis, de l'homme malade à l'homme sain, par l'intermédiaire d'un insecte piqueur. MM. les D^rs^ **Ed. Sergent** et **H. Foley** ont eu le mérite de démontrer que le pou du corps est l'agent de cette transmission. Pour cela, il ne se sont pas contentés de faire voir que des poux prélevés sur des malades en accès, puis broyés et inoculés à des singes, donnaient à ceux-ci la fièvre récurrente avec présence de nombreux spirilles dans leur sang; ils ont aussi communiqué la maladie à des personnes de bonne volonté, isolées depuis un certain temps dans des locaux parfaitement désinfectés, en portant sur elles des poux recueillis sur des malades.

Le pou du corps est donc le convoyeur de la maladie; cependant, MM. Sergent et Foley ainsi que d'autres expérimentateurs ne sont jamais parvenus à transmettre la fièvre récurrente en faisant piquer des singes ou des personnes saines par des poux infectés, quel que fût le nombre des piqûres subies par le patient. MM. Nicolle et Blaizot ont montré que l'inoculation du virus s'opérait par l'écrasement du pou à la surface de la peau du fait du grattage. L'érosion produite par l'ongle est la porte d'entrée du virus. Il suffit même que le doigt souillé vienne le déposer sur la conjonctive pour que l'infection soit réalisée. MM. Sergent et Foley ont confirmé sur ce point les expériences de MM. Nicolle et Blaizot.

Le spirochète Obermeiri est incontestablement la cause de la fièvre récurrente; cependant, MM. Sergent et Foley ont constaté que des poux, chez lesquels il est impossible de découvrir par l'examen microscopique un seul spirille, donnent la maladie aux singes auxquels on les inocule. Chez l'homme entre deux rechutes le spirille ne se rencontre plus dans le sang; toutefois, ce sang injecté à des singes leur transmet la maladie. Il existe donc, chez le pou et chez l'homme, un stade de l'affection pendant lequel le virus est présent, mais invisible chez l'hôte. Cette évolution du virus chez le pou a été étudiée par MM. Nicolle et Blaizot.

Les expériences décisives de MM. Sergent et Foley sur le rôle du pou dans la propagation de la fièvre récurrente datent de 1908; depuis les auteurs n'ont cessé de poursuivre leurs recherches. Aux acquisitions que nous avons exposées ils en ont ajouté d'autres. Pour eux, le spirille qu'ils ont rencontré sur les malades oranais est différent du spirochète européen, puisqu'un singe guéri de l'affection causée par un spirille d'origine russe succombe au spirochète de l'Afrique du Nord (*Spirochœte berbera*). De même, le spirille russe, qui est agglutiné et détruit par le sérum des singes immunisés contre lui, n'est pas influencé par le sérum des animaux immunisés vis-à-vis du virus algérien. Inversement le virus algérien n'est pas influencé par un sérum anti-spirillaire obtenu avec le spirochète russe.

L'immunité des singes qui ont eu la fièvre récurrente expérimentale dure plus ou moins longtemps, suivant la sévérité de la maladie, elle varie de 2 mois à 2 ans. Chez l'homme l'immunité conférée après une première atteinte n'existe plus après quelques années, mais les récidives, même lointaines, ne comportent le plus souvent qu'un seul accès.

Le pouvoir agglutinant et spirillicide du sérum des malades permet de faire le diagnostic rétrospectif de fièvre récurrente chez un convalescent d'une pyrexie de nature inconnue.

Le travail de MM. **Sergent** et **Foley** nous offre des faits importants et nouveaux ; il a paru à votre Commission mériter un des prix Montyon pour la Médecine.

*Rapport de M.* **Laveran** *sur l'Ouvrage de M.* Letulle.

L'Ouvrage de M. le professeur **Letulle** intitulé : *La tuberculose pleuro-pulmonaire* constitue un gros et beau Volume orné de 107 planches. Dans la Préface de cet Ouvrage, l'auteur indique très bien le but qu'il s'est proposé : « Ce Livre, écrit-il, n'est ni un Traité dogmatique, ni un Manuel, non plus qu'un Précis des lésions anatomo-pathologiques de la tuberculose pleuro-pulmonaire chez l'homme. C'est, à proprement parler, plus et mieux : un premier *Atlas de la tuberculose* dont les altérations sont figurées sur plaques autochromes, reproduites en trichromie, étudiées en ordre et commentées avec soin. »

La reproduction en trichromie des plaques autochromes Lumière a donné d'excellents résultats. Les commentaires des planches sont clairs et méthodiques.

La Commission propose de décerner un prix Montyon à M. le D^r^ **Letulle**.

*Rapport de M.* **d'Arsonval** *sur les travaux de M. le D^r^* Jules Glover.

Le D^r^ **J. Glover** a présenté un très intéressant travail sur *la voix solidienne*. L'auteur l'appelle ainsi parce que, par opposition à la voix aérienne proprement dite, son étude permet de démontrer la possibilité de la transmission à distance des vibrations vocales par tous les tissus du corps : os, muscles, organes, etc.

Dans ce Mémoire sont exposées les diverses applications essentiellement originales de ce phénomène physiologique :

1° A la clinique interne par l'auscultation de la voix solidienne ;

2° A la téléphonie de réseaux, les mains et le regard restant libres ;

3° A la téléphonie dans le bruit (applications importantes à la défense nationale) ;

4° A la téléphonie sans fil ;

5° A l'enregistrement pur de la voix à distance en phonographie, à l'abri des vibrations ambiantes parasites ;

6° A la rééducation de l'ouïe ;

7° A l'acoumétrie.

En raison même des résultats obtenus dans les circonstances actuelles, nous ne saurions entrer dans plus de détails sur ce travail. Votre Commission, après en avoir pris connaissance, vous propose de lui attribuer une mention au concours pour le prix Montyon, de Médecine et Chirurgie.

*Rapport de M.* **Charles Richet** *sur le travail de* R.-J. Weissenbach, *intitulé : « Étude comparée de quelques propriétés biologiques du sérum et des hématies dans les états anémiques ».*

Le Mémoire de M. **Weissenbach** contient la série de ses laborieuses investigations sur les globules rouges dans divers états pathologiques.

L'auteur, dans le service du professeur Widal, a pu suivre pendant longtemps des malades anémiques et étudier parallèlement et simultanément la résistance globulaire, le pouvoir hémolytique, le pouvoir antihémolytique de leurs globules rouges.

Les mesures nombreuses qu'il a prises ne sauraient, même d'une manière sommaire, conduire à une conclusion générale qui puisse être formulée ici. Nous signalerons cependant deux faits importants : d'abord, que certains sérums humains possèdent un pouvoir antihémolytique thermolabile disparaissant par le chauffage à 55°; et, ensuite, qu'il n'y a aucun rapport entre la résistance globulaire aux solutions hypotoniques de chlorure de sodium et la résistance des hématies à l'action des sérums isolytiques.

Votre Commission propose de décerner à M. **Weissenbach** une mention sur le prix Montyon (Médecine et Chirurgie) avec *quinze cents francs*.

*Rapport de M.* **Roux** *sur les recherches de M.* H. Stassano, *relatives à la stérilisation des cultures ou des émulsions microbiennes sous couche mince.*

M. **Stassano** s'est proposé de déterminer le temps minimum, pendant lequel il faut maintenir une espèce bactérienne à une température donnée, pour la tuer sûrement. C'est là une question qui présente un intérêt pratique, car, moins une bactérie a été altérée par le chauffage, mieux elle convient pour la préparation des anti-corps. En outre, dans bien des cas, il est nécessaire de stériliser un liquide par la chaleur en le modifiant le moins possible.

Pour mener à bien cette étude, M. Stassano a construit un appareil composé de deux plans métalliques, parfaitement dressés et séparés l'un de

l'autre par un cadre de papier paraffiné d'un centième de millimètre d'épaisseur. Dans la cavité ainsi déterminée, rendue étanche par des serre-joints, circule le liquide à expérimenter. L'appareil est plongé dans un bain-marie dont la température est réglée. Un thermomètre placé à la sortie de la chambre de chauffe donne la température du liquide qui en sort et celui-ci est aussitôt refroidi dans un serpentin entouré d'eau froide. La capacité de la chambre étant connue, il suffit de mesurer le débit à la minute pour savoir pendant combien de temps le liquide a été exposé à une chaleur déterminée.

Les expériences prouvent que, lorsque la température critique pour une espèce est atteinte, il suffit d'un chauffage durant une fraction de seconde pour la tuer.

Par ce procédé, M. Stassano démontre que la résistance à la chaleur d'une même culture microbienne varie suivant l'âge de celle-ci. Il fait voir, par exemple, que les cultures de vibrion cholérique contenant des formes en boule, résistent plus qu'une culture ne renfermant que des vibrions mobiles.

Grâce à cette stérilisation par chauffage, pour ainsi dire instantané, certaines substances fragiles sont conservées intactes, qui seraient altérées à la même température plus longtemps prolongée.

Sans qu'il soit besoin de plus insister, on conçoit que nombre de problèmes intéressants peuvent être résolus par le procédé de M. Stassano. Aussi la Commission propose-t-elle d'attribuer à M. **Stassano** une des mentions du prix Montyon.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

## PRIX BARBIER.

(Commissaires : MM. Guyon, d'Arsonval, Laveran, Dastre, Charles Richet, Chauveau, Armand Gautier, Guignard, Henneguy ; Roux, rapporteur.)

Votre Commission a distingué, parmi les travaux soumis à son examen, les recherches sur les réactions locales à la tuberculine chez nos animaux domestiques de M. **G. Moussu**, professeur à l'École nationale vétérinaire d'Alfort.

La réaction à la tuberculine est de plus en plus employée par les vétérinaires, pour la recherche de la tuberculose chez les animaux de la ferme.

Dans ces dernières années, on a substitué à l'injection d'une quantité

notable de tuberculine sous la peau, l'introduction dans le derme d'une très petite dose de ce produit, et, au lieu de juger de la réaction par le tracé de la courbe des températures prises avant et après l'opération, on se contente d'observer la réaction locale inflammatoire qui se produit, dans le cas où l'animal est tuberculeux.

M. Moussu, qui a appliqué l'intradermo-réaction aux animaux domestiques, nous enseigne la meilleure manière de la pratiquer et nous démontre que les indications qu'elle donne sont très sûres. La région de choix pour l'injection intra-dermique de la tuberculine est la paupière inférieure. Il suffit d'un dixième de centimètre cube de tuberculine diluée, introduit dans l'épaisseur de la paupière à un centimètre au-dessous du bord libre, pour déterminer dans les 48 heures, si l'animal est tuberculeux, une infiltration œdémateuse avec léger larmoiement, qui fait apparaître l'œil comme *poché*. La différence avec l'œil du côté opposé est si manifeste qu'elle est remarquée par les moins avertis. Ceux qui trouvent qu'une injection intradermique correcte est trop difficile à réussir peuvent introduire $0^{cm^3},5$ de la même tuberculine *sous la peau* de la paupière inférieure, ils observeront, dans les trois jours qui suivent, des phénomènes semblables à ceux que nous venons de décrire.

Ce procédé de l'intra-palpébro-tuberculination, qui est dénué de tous les inconvénients reprochés à la méthode ancienne, est passé aujourd'hui dans la pratique; il y rend de si grands services que la Commission propose à l'Académie d'attribuer le prix Barbier à M. **Moussu** qui l'a introduit et propagé dans la médecine vétérinaire.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

## PRIX BRÉANT.

(Commissaires : MM. Guyon, d'Arsonval, Dastre, Charles Richet, Chauveau, Armand Gautier, Guignard; Laveran, Roux et Henneguy, rapporteurs.)

La Commission propose de décerner sur les arrérages de la fondation :

Un prix d'une valeur de *deux mille francs* à M. **J. Havet**, professeur à l'Université de Louvain, actuellement au Laboratoire de Roscoff (Finistère).

Un prix d'une valeur de *deux mille francs* est décerné à Mme **Marie Phisalix**, docteur ès sciences et en médecine.

Un prix d'une valeur de *mille francs* est décerné aux Drs **Frédéric Bordas** et **Samuel Bruère.**

*Rapport de M.* **Henneguy** *sur les travaux de M.* Havet.

M. J. **Havet**, professeur à l'Université de Louvain, s'est consacré depuis plusieurs années à l'étude du système nerveux des Invertébrés, auquel il a appliqué les méthodes de Golgi et de Ramon Cajal. Ses recherches relatives aux Hirudinées, aux Oligochètes, aux Trématodes et aux Mollusques ont établi que les cellules nerveuses de ces animaux ont la même constitution que celles des Vertébrés. Elles possèdent des prolongements protoplasmiques et des prolongements cylindraxiles. Les rapports de cellule à cellule se font par le contact des prolongements protoplasmiques terminés librement et ne s'anastomosant jamais entre eux. Les cellules des ganglions, chez les Hirudinées, sont toujours unipolaires; chez les Oligochètes et les Limaces, elles sont uni- bi- et multipolaires. La substance ponctuée de Leydig est formée par un grand nombre de fibres et de fibrilles qui s'entre-croisent, mais se terminent librement sans s'anastomoser; elle renferme également des cellules névrogliques protoplasmiques et fibreuses, des vaisseaux sanguins et du tissu conjonctif sous forme de fibrilles provenant de la membrane d'enveloppe du ganglion. Les cellules névrogliques, dont la structure granuleuse rappelle un peu celle des cellules glandulaires, sont en rapport intime avec les cellules nerveuses et les vaisseaux.

Le système nerveux des Actinies n'est pas centralisé sous forme de ganglions : les diverses parties du corps renferment des cellules nerveuses sensitives et motrices. Les cellules sensitives en nombre considérable possèdent de fins prolongements qui, par leur réunion, constituent de minces couches de fibrilles réunies entre elles par des fibrilles collatérales, de telle sorte que chaque partie du corps de l'animal est en relation intime avec les parties voisines. Les cellules motrices, plus grosses et moins nombreuses, ont des prolongements qui se mettent en rapport avec les fibrilles sensitives, et d'autres qui se terminent au niveau des fibres musculaires. Comme chez les autres Invertébrés, les prolongements cellulaires se terminent librement. Fait intéressant à noter, relativement à la théorie de la spécificité des feuillets blastodermiques, les éléments nerveux appartiennent les uns à l'ectoderme, les autres à l'endoderme; le système nerveux ne serait donc pas, comme on l'admet généralement, exclusivement une formation ectodermique.

M. Havet, avant de se spécialiser dans l'étude du système nerveux, a publié, soit seul, soit en collaboration avec M. Denys, d'intéressantes recherches sur le rôle des leucocytes dans le pouvoir bactéricide du sang de Chien. Si le pouvoir batéricide de ce sang est considérable, celui de son sérum est au contraire très faible. En filtrant le sang de manière à le priver de ses leucocytes à noyaux polymorphes, on constate que le plasma contenant encore les hématies et les leucocytes à noyaux ronds a perdu son pouvoir bactéricide. Ce sont donc les leucocytes à noyaux polymorphes qui donnent en grande partie au sang de Chien son pouvoir bactéricide : on peut du reste constater directement sous le microscope l'englobement des microbes par les leucocytes : les microbes seraient détruits dans ceux-ci directement et non pas par un produit bactéricide que les leucocytes auraient sécrété dans le sérum sous l'action des microbes. Une certaine partie du pouvoir bactéricide appartient au sérum. Suivant MM. Havet et Denys, ni la théorie phagocytaire, ni la théorie des humeurs, prises séparément, ne peuvent expliquer l'immunité. Les phagocytes et les humeurs concourent ensemble, dans une mesure variable selon les espèces, et aussi selon la nature du parasite, à préserver les organismes supérieurs contre l'envahissement des microbes.

M. Havet a étudié aussi les lésions des cellules nerveuses dans les divers cas de maladies mentales et les lésions vasculaires du cerveau dans la paralysie générale. Il a reconnu que l'existence des cellules plasmotiques, décrites par Marschalko autour des vaisseaux cérébraux des paralytiques généraux, n'a pas l'importance qu'on a voulu lui attribuer comme signe pathognomonique. Il est en effet possible de constater la présence de ces cellules dans des maladies mentales autres que la paralysie générale, et d'un autre côté ces éléments peuvent faire défaut dans des cas indubitables de cette dernière affection. Il en est de même de l'infiltration lymphocytaire de la gaine périvasculaire des vaisseaux cérébraux qui se rencontre dans la paralysie générale et d'autres maladies mentales. Enfin, autour des vaisseaux de certains paralytiques généraux, l'auteur a trouvé des cellules spéciales à noyau irrégulier, et à protoplasma riche en vacuoles et en granulations fortement colorables.

La Commission, se fondant sur le nombre et la valeur des travaux de M. Havet, propose d'accorder à ce savant, si cruellement éprouvé par la destruction de l'Université de Louvain, une somme de *deux mille francs* sur les arrérages du prix Bréant.

*Rapport de M.* **Laveran** *sur les travaux de M^me^* Phisalix.

M^me^ **M. Phisalix** a publié de nombreux travaux sur l'anatomie comparée des appareils venimeux et sur les venins.

Il résulte de ses recherches que la sécrétion muqueuse des Batraciens, considérée par les auteurs comme ayant une action purement mécanique, peut acquérir des propriétés phlogogènes ou toxiques; elle devient alors un poison stupéfiant, paralysant, et un hémolysant énergique, tandis que le poison des glandes dorsales est convulsivant.

Chez les Lézards, M^me^ Phisalix a étudié particulièrement le venin de l'héloderme qui est un poison redoutable par son action cardiaque et ses effets éloignés; mordue par un de ces lézards, elle a éprouvé des accidents graves.

Ses recherches sur l'anatomie comparée de l'appareil venimeux des Serpents sont très complètes.

Une série d'études sur l'immunité naturelle et sur l'immunité acquise contre les venins présente un grand intérêt.

M^me^ Phisalix montre que le venin de l'héloderme est un vaccin contre sa propre action et que, contrairement au venin de vipère, le chauffage lui fait perdre son pouvoir vaccinant en laissant intacte sa propriété venimeuse. D'après l'auteur, la sécrétion cutanée muqueuse des Batraciens vaccine contre sa propre action toxique; les animaux vaccinés au moyen de la sécrétion muqueuse des Batraciens ou des Poissons le sont également contre l'action du venin de la vipère aspic; les lapins immunisés avec le venin muqueux de salamandre et le venin de vipère résistent à l'inoculation intra-cérébrale du virus fixe qui fait toujours éclore la rage chez les témoins. Ces derniers faits paraissent être en désaccord avec l'ordinaire spécificité des venins et des virus.

Nous signalerons enfin une excellente étude de la fonction venimeuse en général et du rôle biologique des venins.

La Commission propose de décerner à M^me^ **M. Phisalix** pour ses importantes recherches sur les appareils venimeux et les venins une partie du prix Bréant (arrérages) avec *deux mille francs*.

*Rapport de M.* **Roux** *sur le Mémoire intitulé : Désintégration de la matière organique par protéolyse microbienne, par MM.* Bordas *et* S. Bruère.

L'observation a montré, depuis longtemps, que les cadavres d'animaux enfouis dans du fumier se désagrègent avec une grande rapidité. MM. **Frédéric Bordas** et **S. Bruère**, qui ont étudié le phénomène, attribuent cette désintégration accélérée à la température du fumier, qui favorise l'action des bactéries et aussi au travail de certaines espèces microbiennes abondantes dans le milieu. Des fœtus de truie, immergés dans l'eau, dans des bocaux placés à diverses températures, se désagrègent avec une remarquable rapidité lorsqu'on ajoute un peu de macération de fumier. La comparaison avec des témoins démontre l'intense activité des bactéries bien choisies, surtout à une température voisine de 30°.

En présence de la difficulté que l'on éprouve à assainir un champ de bataille et amener la prompte désintégration des cadavres d'hommes et d'animaux, MM. Bordas et S. Bruère se sont demandé si l'on ne pourrait pas faire, dans ce cas, l'application de ce qu'ils ont observé. Ils proposent de déposer les corps dans une fosse garnie de paille, de les recouvrir de paille et d'arroser avec un liquide d'une fermentation putride bien en train. Ensuite, le tout est recouvert d'une couche de terre. Des essais faits avec des cadavres d'animaux paraissent justifier cette proposition. C'est pour encourager MM. **Bordas** et **Bruère** à poursuivre leurs expériences que la Commission propose de leur attribuer une somme de *mille francs* sur les arrérages du prix Bréant.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

## PRIX GODART.

(Commissaires : MM. Guyon, d'Arsonval, Laveran, Dastre, Charles Richet, Chauveau, Armand Gautier, Guignard, Roux, Henneguy.)

Le prix n'est pas décerné.

## PRIX MÈGE.

(Commissaires : MM. Guyon, d'Arsonval, Laveran, Dastre, Charles Richet, Chauveau, Armand Gautier, Guignard, Roux, Henneguy.)

Le prix n'est pas décerné.

## PRIX BELLION.

(Commissaires : MM. Guyon, d'Arsonval, Laveran, Dastre, Chauveau, Armand Gautier, Guignard, Roux, Henneguy; Charles Richet, rapporteur.)

Votre Commission a décidé de décerner le prix Bellion au Dr **Richard Millant**, pour ses travaux sur l'intoxication par l'opium.

A diverses reprises, dans de nombreux et substantiels écrits, M. Millant avait insisté sur le danger menaçant des fumeries d'opium. Aux colonies d'Indo-Chine il avait été tellement frappé des conséquences terribles de cette pratique qu'il s'était dévoué au combat contre ce fléau menaçant. Dans un livre, riche de faits et d'aperçus ingénieux : *La Drogue* (1 vol. in-12, Paris, 1914), il indique l'abus et le remède. Même il avait pris l'initiative d'une société de prophylaxie contre le morphinisme.

R. Millant, nommé médecin-major d'un régiment de chasseurs, a été une des victimes de la guerre. Il est mort en héros, au champ d'honneur. Voici en quels termes le cite l'ordre du corps d'armée (février 1916) : « Pendant deux mois d'occupation du secteur a montré un dévouement inlassable, un courage calme et souriant, un mépris complet du danger; toujours, à toute heure, sous les feux les plus violents, soignant les blessés, visitant les chasseurs aux tranchées. Médecin éminent, homme charmant, cœur d'or, s'est montré un soldat remarquable. A trouvé aux premières lignes une mort glorieuse. »

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

## PRIX DU BARON LARREY.

(Commissaires : MM. Guyon, d'Arsonval, Dastre, Charles Richet, Chauveau, Armand Gautier, Guignard, Roux, Henneguy; Laveran, rapporteur.)

M. le Dr **Lasnet**, médecin principal des troupes coloniales, a envoyé à l'Académie, pour le concours au prix du Baron Larrey, un important travail sur *L'organisation et le fonctionnement du service médical dans les expéditions coloniales*.

Après avoir montré la nécessité d'une organisation méthodique et minutieuse du service de santé dans les expéditions coloniales, l'auteur étudie le matériel sanitaire colonial de campagne, le personnel sanitaire colonial de campagne, la préparation sanitaire des expéditions, enfin le fonctionnement du service de santé.

Les mesures d'hygiène et de prophylaxie, qui ont une si grande importance dans les pays souvent insalubres que les troupes faisant partie des expéditions coloniales doivent parcourir et occuper, sont exposées avec beaucoup de méthode.

La Commission, estimant que ce travail est appelé à rendre de grands services aux médecins des troupes coloniales, propose de décerner le prix du Baron Larrey à M. le D^r **Lasnet**; elle propose en outre d'accorder une mention très honorable à M. le D^r **A. Tournade** pour son travail intitulé : *Organisation et fonctionnement de l'hôpital temporaire n° 13 de Verdun.*

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

## PHYSIOLOGIE.

### PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. Chauveau, Edmond Perrier, d'Arsonval, Roux, Laveran, Henneguy; Dastre, rapporteur.)

La Commission propose d'accorder le prix à M. **Couvreur**, chargé de cours à la Faculté des sciences de Lyon, pour l'ensemble de ses travaux, poursuivis depuis de nombreuses années, sur le terrain de la Physiologie expérimentale.

I. Une partie des études de M. Couvreur a porté sur la Physiologie comparée du nerf pneumogastrique : elles nous ont fait connaître les particularités anatomiques et fonctionnelles de cet appareil nerveux chez les Oiseaux, les Reptiles et les Batraciens; le mécanisme de la mort de ces animaux après la double vagotomie; le développement inverse du système pneumogastrique et du système grand sympathique.

II. Une autre série est relative à la respiration envisagée dans la série des Vertébrés. Un certain nombre de résultats, intéressant surtout l'anatomie, ont été acquis : parmi les faits physiologiques on peut citer celui qui est relatif à la position du centre respiratoire chez les Batraciens, dans une région de l'axe cérébro-spinal située au-dessus du centre bulbaire.

III. Une troisième catégorie de recherches a eu pour objet l'étude de la nutrition chez les insectes pendant la période nymphale. Il serait hors de propos d'indiquer toutes les conclusions particulières de nombreuses recherches de Chimie biologique, sur la caséification et le ferment *lab;* sur la chlorophylle animale; sur les ferments des tubercules et des graines en germination; sur les pigments des fleurs; sur la disparition de nombreux microbes dans les chrysalides au cours de leur évolution, microbes phagocytés pendant la période nymphale.

Cette rapide et très incomplète énumération permet de se rendre compte de l'activité laborieuse dont M. **Couvreur** a donné l'exemple au cours d'une carrière déjà longue poursuivie avec une conscience scientifique qui lui assure une place parmi les expérimentateurs indiqués pour la récompense du prix Montyon de Physiologie.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

## PRIX LALLEMAND.

(Commissaires : MM. Chauveau, Edmond Perrier, d'Arsonval, Roux, Laveran, Henneguy; Dastre, rapporteur.)

La Commission propose à l'Académie de partager également le prix entre :

M. **Aldo Massaglia**, professeur adjoint à la Faculté de Médecine de Modène,

Et M. le Dr **L. Launoy**, aide-major de 2e classe, attaché à un laboratoire d'armée.

M. **Aldo Massaglia** a présenté au concours des prix de Physiologie l'ensemble des travaux qu'il a publiés sur le diabète sucré. Parmi ceux-ci, on peut remarquer des études sur la glande carotique. La lésion de ce petit organe a les mêmes conséquences que la piqûre du plancher du quatrième ventricule : la glycosurie.

Il est constitué par des éléments semblables à ceux des paraganglions; il est très riche en nerfs. On avait déjà signalé (Vassale) la glycosurie provoquée chez le chat par la lésion de cette glande carotique. M. Massaglia a confirmé et étendu ces résultats et il a montré qu'ils devaient être attribués à une action nerveuse, l'extirpation des nerfs ayant le même effet.

Les autres travaux de M. **Massaglia**, qui ont roulé sur la glycosurie, ont moins de rapport avec la physiologie nerveuse. Ils doivent être seulement mentionnés ici. Ce sont : des observations de diabète maigre, chez des animaux (chiens), correspondant à une lésion du pancréas; des observations de glycosurie (lapin) consécutive à la ligature du canal de Wirsung suivie de l'ablation, après 4 ou 5 mois, du résidu fibreux dans lequel subsistaient les îlots de Langerhans; enfin des essais d'opothérapie pancréatique.

Les études de M. **Launoy** n'ont plus que des rapports médiats avec la physiologie nerveuse proprement dite. Elles ont porté sur l'appareil thymo-thyroïdien : thyroïdes, parathyroïdes et thymus. Le rapprochement en un faisceau de ces trois organes repose sur des considérations d'ordre très divers, que M. Launoy a fait valoir.

Il a indiqué, par exemple, le rapprochement du thymus avec les thyroïdes, au point de vue des effets sur le psychisme. L'ablation du thymus comme celle des thyroïdes détermine, comme effet nerveux, un état mental très particulier : il y a une idiotie thymoprive, comme il y a une idiotie thyréoprive. Dans son ensemble, le travail de M. Launoy constitue un bon exposé et une mise au point de nos connaissances sur les trois espèces d'organes, qui ont été l'objet de tant de publications qui ne laissent dans l'esprit qu'une impression confuse. Sa valeur critique incontestable et son utilité n'auraient cependant point permis à la Commission de le retenir et de le récompenser d'un prix de Physiologie expérimentale, si l'auteur n'avait étayé sur des expériences personnelles un certain nombre de ses conclusions. Il faut signaler celles qui sont relatives à la prétendue résistance des animaux éthyroïdés aux infections intercurrentes; l'insignifiance des réactions des oiseaux adultes à l'ablation totale des thyroïdes et parathyroïdes et au contraire la sensibilité, très relative, des oiseaux jeunes à cette opération. De même, les expériences de M. **Launoy** sur les singes lui ont permis de conclure que la tétanie, chez ces animaux, résulte d'une insuffisance ou d'une déficience absolue de la sécrétion parathyroïdienne. Il a étudié, de même, l'action physiologique des extraits de thymus sur la pression générale.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

## PRIX LA CAZE.

(Commissaires : MM. Chauveau, Edmond Perrier, d'Arsonval, Roux, Laveran, Dastre, Henneguy.)

Le prix n'est pas décerné.

## PRIX POURAT.

(Commissaires : MM. Chauveau, Edmond Perrier, d'Arsonval, Roux, Laveran, Dastre; Henneguy, rapporteur.)

Si la morphologie des cellules des divers tissus est actuellement assez bien connue, leur constitution chimique est encore mal établie. L'analyse ne permet pas de distinguer des protoplasmas très différents par leur mode de fonctionnement et de les caractériser au point de vue chimique. MM. **Mayer** et **Schaeffer** se sont demandé si l'on ne pourrait pas trouver, dans la constitution de chaque espèce cellulaire, quelque chose de constant et de caractéristique; ils ont recherché ces caractères différentiels dans les *rapports quantitatifs* qui existent, pour une cellule ou un tissu déterminés, entre toutes les substances communes à tous les protoplasmas. Par exemple, au cours de leurs recherches antérieures, les auteurs ont établi que la teneur des tissus en phosphatides, en acides gras fixes, en cholestérine varie peu. Dans une même espèce, les valeurs exprimant la quantité de cholestérine et d'acides gras d'un tissu donné oscillent peu autour d'une moyenne. Bien plus, dans les différentes espèces, la teneur en phosphore lipoïdique d'un même tissu est sensiblement la même.

Dans les Mémoires que les auteurs présentent au concours du prix Pourat, ils ont étendu leurs recherches au cas de l'eau, considérée comme l'un des constituants essentiels des tissus. Ils ont examiné quel rapport existe entre la proportion de l'eau toujours présente dans les tissus et celle des autres constituants fondamentaux sur lesquels avaient porté leurs travaux antérieurs.

Ayant établi l'existence d'une composition constante du protoplasma quant aux lipoïdes et au phosphore, les auteurs ont admis que, pour chaque protoplasma considéré, il y a un équilibre caractérisé par une proportion définie d'albuminoïdes, de lipoïdes, de sels et d'eau; ils se sont attachés à déterminer si la valeur de l'un des constituants, l'eau, dépend de celle de tous les autres ou encore du rapport de ces valeurs, et ils sont arrivés aux résultats suivants : 1° la teneur en eau, considérée dans les différents tissus,

varie très peu; l'eau est une constante cellulaire; 2° l'eau est inégalement répartie dans les différents tissus; elle est en quantité d'autant plus grande que les rapports $\frac{\text{cholestérine}}{\text{acides gras}}$ ou $\frac{\text{cholestérine}}{\text{phosphore lipoïdique}}$ sont plus forts; 3° si l'on examine la valeur de l'imbibition maxima d'un tissu placé dans l'eau pure, on voit que, toutes choses égales d'ailleurs, elle est proportionnelle à son coefficient lipocytique. En se basant sur ces faits, MM. Mayer et Schaeffer ont émis une hypothèse ingénieuse sur le rôle des lipoïdes dans l'imbibition du protoplasma. Si l'on admettait dans le gel albuminoïde, constituant le protoplasma, la présence des composés d'acides gras seuls, ou de cholestérine seule, ceux-ci diminueraient la liaison de l'ensemble avec l'eau; mais il en est autrement si l'on considère la présence dans le protoplasma d'un mélange de ces corps, car on sait précisément que ces mélanges sont capables de s'imbiber et de retenir de l'eau; la présence simultanée dans la cellule de cholestérine et de composés d'acides gras doit donc agir au contraire en favorisant l'imbibition du protoplasma. Enfin les auteurs ont étudié d'autre part l'action des électrolytes sur la teneur en eau des cellules et ils ont montré que les divers cathions agissent de manières différentes : c'est ainsi que l'ion Ca restreint d'autant plus l'imbibition que les tissus sont plus riches en acides gras; il aurait pour effet de diminuer la liaison des lipoïdes avec le protoplasma, et par suite du gel protoplasmique avec l'eau, du seul fait de son pouvoir précipitant.

Les recherches de MM. Mayer et Schaeffer apportent une contribution nouvelle et importante à l'étude physico-chimique de la cellule et des tissus; elles montrent que, en dehors de l'existence possible de composés spécifiques, il existe pour chaque espèce cellulaire un équilibre tout à fait caractéristique entre ses constituants principaux. Il est à souhaiter que ces habiles physiologistes puissent continuer leurs si intéressantes études en les étendant à un plus grand nombre de tissus et d'espèces animales.

La Commission propose d'attribuer le prix Pourat à MM. **A. Mayer** et **G. Schaeffer**.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

## PRIX MARTIN-DAMOURETTE.

(Commissaires : MM. Chauveau, Edmond Perrier, d'Arsonval, Roux, Laveran, Dastre, Henneguy.)

Le prix n'est pas décerné.

## PRIX PHILIPEAUX

(Commissaires : MM. Chauveau, d'Arsonval, Roux, Laveran, Dastre, Henneguy; Edmond Perrier, rapporteur.)

La Commission des prix de Physiologie propose d'attribuer le prix Philipeaux à M. le Dr **Antoine Magnan**, directeur de laboratoire à l'École des hautes études, pour l'ensemble de ses travaux relatifs aux influences du milieu, du mouvement habituel et de l'alimentation sur les organismes.

Il a combiné, dans ce but, les observations d'Anatomie comparée et l'expérimentation. Il s'agit en somme d'essayer d'apporter une solution à ce problème si discuté de l'hérédité des caractères acquis. Le problème lui-même est d'ailleurs mal posé ou plutôt obscurci par certaines idées préconçues. S'il est vrai que les êtres vivants aient évolué à partir de formes unicellulaires qui seraient d'abord demeurées associées à mesure qu'elles se reproduisaient par la division d'un élément primitif et qui se seraient ensuite différenciées peu à peu pour former des organismes compliqués, comme cela se produit pour tous les êtres vivants à partir de l'œuf, il faut bien admettre que les formes supérieures aient acquis dans la suite des temps les caractères qui les distinguent puisqu'à l'origine ils ne les possédaient pas. L'acquisition de caractères nouveaux est une conséquence forcée de la théorie de l'évolution.

La question est donc simplement de déterminer comment ces caractères ont été acquis. Ici, il y a deux réponses en présence. Ou bien on peut supposer que les êtres unicellulaires primitifs étaient dépositaires chacun d'une puissance évolutive spéciale qui a déterminé tout leur devenir. C'est le mystère, et sur ce mystère Weismann fonde sa théorie du *plasma germinatif* qui met la recherche expérimentale hors de cause. Ou bien c'est le milieu, c'est la façon d'agir de l'organisme, comme le voulait Lamarck, qui a déterminé ses caractères, et l'expérience reprend tous ses droits. Malheureusement chez les êtres vivants son action se trouve gênée parce que ses résultats ne sont pas toujours immédiats ; elle a de plus à lutter contre l'hérédité, mal expliquée, mais qui est un fait et qui, malgré tout, conservant les caractères antérieurement acquis par des actions de longue durée, les oppose aux caractères nouveaux qu'elle ne tarde pas à submerger lorsqu'elle les laisse momentanément apparaître. C'est là une grosse difficulté contre laquelle la lutte est difficile et qui empêche les certitudes de

s'établir. Elle explique les critiques qu'ont eu à subir tous ceux qui se sont occupés de cette importante question.

M. le Dr Magnan a eu le courage de l'attaquer de front. Il a depuis 1908 entrepris des recherches biométriques concernant les Oiseaux et les Mammifères dans le but de déterminer l'influence du régime alimentaire sur le tube digestif et les glandes annexes. L'étude des rapports que présentent les variations de ces glandes avec le régime alimentaire a fait de sa part l'objet de nombreuses notes et il est arrivé à des lois qu'il a essayé de vérifier ensuite par l'expérience, suivant ainsi la voie ouverte par Hunter, Malmgren, Weiss, Houssay, Revillod, etc., qui essayèrent de soumettre des herbivores au régime carné afin de constater les modifications de l'appareil digestif qui pourraient résulter de cette substitution.

M. Magnan ne s'est pas borné au régime carné. S'adressant à des animaux à peu près omnivores tels que les canards, il les a alimentés respectivement et exclusivement soit d'insectes, soit de poissons, soit de chair d'oiseaux ou de mammifères, soit de substances végétales : les jeunes. Les canards étaient soumis à ce régime dès le huitième jour après leur naissance et l'expérience pour certains d'entre eux a pu durer un an. Il a observé des modifications nettes dans la date de la ponte, le poids des œufs et la couleur de leur coquille. Mais les organes ont été eux-mêmes nettement diversifiés par ces régimes variés et rapprochés des types qu'on observe dans la nature chez les oiseaux pour qui ces régimes sont naturels.

Il a pu étendre ces résultats aux Mammifères, guidé par cette idée que *Le tube digestif doit être ce que le régime alimentaire l'a fait.*

Il s'est ensuite demandé quels rapports pouvaient exister entre la quantité des efforts musculaires accomplis par les animaux, le volume de leurs poumons et celui de leur cœur; il s'est adressé pour cela aux Oiseaux et il a fait sur les animaux des constatations utiles pour l'aviation.

Mais son activité s'est aussi tournée vers d'autres directions. Il a publié d'intéressants travaux sur les monstruosités : la bactériologie, l'hygiène sociale, sans compter quelques recherches sur les Poissons qui ont un intérêt au point de vue des conditions de la natation en général.

Tous ces travaux témoignent de l'ardeur au travail de M. **Magnan** et méritent de retenir la bienveillance de l'Académie.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

## STATISTIQUE.

### PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. de Freycinet, Haton de la Goupillière, Émile Picard, Carnot, Violle, le prince Bonaparte; G. Darboux, rapporteur.)

M. le Dr **Charles Perrier**, médecin légiste, qui a obtenu déjà en 1910 une mention de 500fr au Concours de Statistique fondé par le baron de Montyon, nous présente une nouvelle étude manuscrite ayant pour titre : *Le crâne et ses rapports avec la taille, la grande envergure, le buste, le pied, chez les criminels*.

Ce Mémoire, précédé d'une Introduction, comprend cinq Chapitres et quarante planches.

Le Chapitre I, qui a pour titre : *Diamètres antéro-postérieurs et transverses*, donne les résultats concernant 859 individus de 16 à 73 ans détenus dans la Maison centrale de Nîmes.

Les Chapitres suivants traitent de l'indice céphalique, du développement du crâne, et donnent les conclusions que l'auteur a pu déduire de ses études persévérantes.

Les quarante planches qui sont jointes au manuscrit donnent des photographies, des portraits de criminels, des dessins et des autographes.

L'auteur, qui fut médecin de la Maison centrale de Nîmes pendant près de 24 ans, de novembre 1887 à avril 1911, s'est attaché à réunir sur les criminels enfermés dans cette maison, des récidivistes pour la plupart, les documents et les renseignements les plus précis, tous de première main.

A ce titre, il nous paraît que votre Commission peut le proposer à l'Académie pour le prix.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

Il n'est pas décerné de mention.

## HISTOIRE ET PHILOSOPHIE DES SCIENCES.

### PRIX BINOUX.

(Commissaires : MM. Darboux, Grandidier, Appell, Bouvier, De Launay; Émile Picard et Bigourdan, rapporteurs.)

Votre Commission vous propose les attributions suivantes :

Un prix de *mille francs* à M. **Joaquim Bensaude**, membre de la Mission d'études de la République du Portugal, sur les découvertes maritimes, pour son Ouvrage intitulé : *L'Astronomie nautique au Portugal à l'époque des grandes découvertes.*

Un prix de *mille francs* à feu **Louis Couturat**, ancien professeur suppléant au Collège de France, pour l'ensemble de son œuvre et notamment les Ouvrages intitulés : *Sur l'infini mathématique; La logique de Leibnitz; L'algèbre de la logique; Les principes des mathématiques.*

Une mention, avec une somme de *cinq cents francs*, est accordée à M. **E. Doublet**, astronome adjoint à l'Observatoire de Bordeaux, pour ses divers travaux relatifs à l'histoire de l'Astronomie et de la Météorologie.

*Rapport de M.* **Bigourdan** *sur les travaux de M.* Joaquim Bensaude.

C'est en suivant les côtes africaines de la Méditerranée de l'Est à l'Ouest, avec les Arabes, que la Science grecque est parvenue en Occident, et d'abord dans la péninsule ibérique, en Provence et en Italie. Aussi l'Astronomie renaît-elle en Espagne, où elle brille d'un vif éclat au XIII[e] siècle avec Alphonse X de Castille.

On n'est donc pas étonné de voir les Espagnols et les Portugais perfectionner les méthodes de navigation, et se lancer les premiers à la recherche de la route des Indes; mais, à part quelques rares travaux, on avait négligé d'étudier en détail le développement graduel des sciences nautiques.

A la faveur de cette sorte d'indifférence, il s'est formé outre-Rhin un

certain nombre de légendes, attribuant à la Science allemande un rôle prépondérant dans les grandes découvertes géographiques du xv<sup>e</sup> siècle. Par exemple, les éphémérides de Régiomontan auraient servi de base aux calculs nautiques des marins portugais, et son élève Martin Béhaim leur aurait enseigné le calcul de la latitude.

Pour défendre ses compatriotes, ainsi dépouillés d'un de leurs plus beaux titres de gloire, un érudit portugais, M. Joaquim Bensaude, a entrepris de longues recherches sur ce sujet, d'ailleurs plein de difficultés, car les documents nautiques de l'époque étaient jalousement gardés secrets. Cependant il a pu en retrouver un certain nombre qui, joints à ceux que l'on connaissait déjà, lui ont permis de montrer les marins portugais créant eux-mêmes les bases scientifiques de leur navigation. Après avoir rappelé quelle fut la vie intellectuelle de la péninsule au xiii<sup>e</sup> et au xiv<sup>e</sup> siècle, il mentionne la fondation, alors sans exemple, d'une École nautique à Sagres (1416) par Henri le Navigateur; il montre la collaboration systématique qui s'y établit entre les savants et les marins, l'étude qu'on y poursuit de tout ce qui peut aider aux découvertes, et ce noble effort aboutissant enfin, avant 1485, à des instructions qui, sous le titre de *Règlement de l'astrolabe*, enseignent à déterminer les latitudes par les étoiles et par le soleil.

On ignore à quelle époque les marins de l'Occident ont commencé à faire des déterminations de latitude. Au xiv<sup>e</sup> siècle les cartes ne portaient encore aucune graduation, et l'on naviguait à la boussole et à l'estime. C'est sans doute au siècle suivant qu'on sentit le besoin de recourir à la latitude; en tout cas ce fut avant Martin Béhaim, arrivé en Portugal en 1484, car Diego Gomez de Cintra, dans son voyage à la côte de Guinée en 1462, l'observait par la hauteur de l'étoile polaire prise au moyen du quadrant.

D'un autre côté, le Règlement de l'astrolabe suppose connue à chaque instant la déclinaison du soleil; et c'est ce qui aurait été emprunté aux éphémérides de Régiomontan. Or elles ne les donnent pas directement, alors qu'on les trouve ainsi dans un Ouvrage portugais de l'époque, longtemps ignoré, l'*Almanach perpetuum* du rabin espagnol Zacuto, d'abord professeur d'Astronomie à l'Université de Salamanque et qui passa ensuite au service du Portugal.

M. Bensaude montre ainsi que les marins portugais trouvaient chez eux tout ce qui pouvait être utile à leurs navigations.

Le perfectionnement de la cartographie n'importait pas moins aux progrès de la navigation. Divers auteurs portugais s'en occupent de bonne heure : Jean de Lisbonne dès 1514, et surtout, avec le plus grand succès,

Pierre Nonius, qui le premier décrit la courbe loxodromique (1537), réclamée aussi par la Science allemande pour Mercator. Mais il est bien plus probable que celui-ci profita indirectement des travaux des Portugais et des Espagnols, par l'intermédiaire de l'École de Louvain, fille de l'École espagnole.

Tels sont les faits importants mis en évidence par M. Bensaude; en outre, avec le généreux appui du Gouvernement portugais, il a reproduit, en d'élégants fac-similés, divers documents rares et importants qui forment comme les pièces justificatives de ses assertions.

Votre Commission a été unanime pour vous proposer de décerner aux travaux de M. **Bensaude** un prix Binoux de la valeur de *mille francs*.

*Rapport de M.* **Émile Picard** *sur les travaux de* Louis Couturat.

**Louis Couturat** fut victime, le 3 août 1914, d'un brutal accident d'automobile. Sa perte fut vivement ressentie par tous ceux qui s'intéressent à la philosophie et à l'histoire des Sciences. Il s'était d'abord fait connaître par sa thèse de doctorat ès sciences mathématiques *Sur l'infini mathématique*. Encore sous l'influence de Kant, qu'il devait combattre vigoureusement plus tard, il considère que le nombre infini et l'infini géométrique correspondent à une intuition rationnelle.

Quelques années après, il abandonne les thèses kantiennes et consacre un gros volume à *La logique de Leibniz*. Il est ainsi amené à s'occuper de l'histoire des Sciences. Les éditions de Leibniz n'étaient pas complètes; Couturat pressent des lacunes importantes dans la pensée du grand philosophe. Aussi prend-il la résolution de se rendre à Hanovre pour y consulter les manuscrits de Leibniz non encore publiés. Il en rapporte une riche moisson de documents nouveaux qui l'obligent à refondre complètement son Livre. Le monde philosophique rendit hommage au talent de Couturat et à sa puissante dialectique, quoique tous ne consentirent pas à mettre en première ligne, dans les desseins philosophiques de Leibniz, la réduction de toutes les vérités à des propositions identiques.

Couturat s'est ensuite occupé, avec l'École logique italienne, de *L'algèbre de la logique*, et il a aussi écrit un important Ouvrage sur *Les principes des mathématiques*. On peut contester quelques-unes de ses conclusions et refuser de croire que la logique mathématique puisse aboutir à fixer définitivement la philosophie des mathématiques. C'est le propre des discussions philosophiques de n'arriver jamais à des conclusions acceptées de tous. Il

suffit qu'on y trouve la trace d'un vigoureux esprit, et c'est ce qu'on ne peut contester à Couturat.

Nous pensons avoir suffisamment indiqué les raisons pour lesquelles votre Commission est désireuse de rendre un dernier hommage à **Louis Couturat**, et nous proposons à l'Académie d'accorder à son Œuvre une partie du prix Binoux ($1000^{fr}$).

*Rapport de M.* **Bigourdan** *sur les travaux de M.* E. Doublet.

M. **Doublet**, astronome adjoint à l'Observatoire de Bordeaux, a soumis à l'examen de votre Commission de nombreuses monographies qui prouvent combien il est versé dans l'histoire de l'Astronomie moderne et de la Météorologie.

Ce sont généralement des biographies, comme celles des Bernoulli, Bessel, Bossut, L. Euler, Montucla, Sigorgne, etc.; souvent il met en œuvre des documents inédits, par exemple pour Fleurieu, La Caille, Navarre, etc.; d'autres fois il écrit l'histoire de questions importantes, comme les travaux de Laplace et Lavoisier en Météorologie, ou encore la naissance de la Météorologie dynamique avec Le Verrier, etc. D'autres fois encore M. Doublet a retrouvé, dans des manuscrits oubliés, des observations importantes, comme une liste de tremblements de terre observés dans notre Sud-Ouest par les frères Sarrau. Enfin il est sur le point de publier d'autres travaux analogues, dont la guerre a interrompu l'impression et dont l'intérêt serait accru si, comme nous le souhaitons, leur auteur pouvait les réunir en volume avec les précédents.

Pour récompenser ce labeur soutenu et encourager M. **Doublet**, votre Commission vous propose de lui attribuer une mention, et émet le vœu qu'il y soit joint une somme de $500^{fr}$.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

## MÉDAILLES.

### MÉDAILLE BERTHELOT.

(Commissaires : MM. Camille Jordan, d'Arsonval, A. Lacroix; G. Darboux, rapporteur.)

La Médaille Berthelot est décernée à :
M. **Paul Lemoult**, lauréat du prix Jecker ;
M. **Alexandre Hébert**, lauréat du prix Montyon des Arts insalubres ;
M. **Édouard Bauer**, lauréat du prix Houzeau.

## PRIX GÉNÉRAUX.

### PRIX BORDIN.

(Commissaires: MM. Edmond Perrier, Delage, Bouvier, Dastre, Henneguy, Marchal, Charles Richet.)

L'Académie avait mis au concours la question suivante :

*Recherches relatives au déterminisme des sexes chez les animaux.*

Le prix n'est pas décerné.

### PRIX JEAN REYNAUD.

(Commissaires : MM. Jordan, d'Arsonval, A. Lacroix, Roux, N..., N...; G. Darboux, rapporteur.)

Le prix est décerné à feu **Henri Amagat**, membre de l'Académie, pour l'ensemble de son œuvre.

## PRIX DU BARON DE JOEST.

(Commissaires : MM. Jordan, Darboux, Boussinesq, Lippmann, Appell, Violle; Émile Picard, rapporteur.)

Votre Commission vous propose de décerner le prix à M. **Ernest Esclangon**, professeur adjoint à la Faculté des sciences de Bordeaux, pour ses recherches sur les phénomènes sonores produits par les canons et les projectiles.

## PRIX HOULLEVIGUE.

(Commissaires : MM. Armand Gautier, Edmond Perrier, Guignard, Roux, Dastre, Termier; Bouvier, rapporteur.)

Pour bien connaître la biologie des êtres vivants, il ne suffit pas d'étudier la flore et la faune de nos pays : nous habitons des contrées où la température et le climat ont subi, depuis les temps tertiaires, des modifications profondes, et comme l'observait récemment M. Edmond Perrier, on est en droit de croire que les êtres vivants des pays chauds ont conservé, bien plus que les nôtres, les habitudes et le régime vital qui s'étaient établis aux époques anciennes. Ne fût-ce qu'à ce point de vue, l'étude biologique de la faune et de la flore des pays chauds offre un intérêt primordial. Mais elle a encore d'autres portées : les êtres vivants de ces pays sont, pour la plupart, très différents des nôtres et tous les travaux qui les font connaître ajoutent des chapitres nouveaux à la biologie comparative; bien plus, ils jouent un grand rôle dans des contrées que notre développement colonial a mises en exploitation, et il y a lieu de connaître les êtres qui peuvent être, pour nos industriels et nos agriculteurs, des ennemis ou des auxiliaires.

Votre Commission a pensé qu'il convenait de favoriser les recherches de cette nature; c'est pourquoi elle vous propose d'attribuer le prix Houllevigue à M. **Edmond Bordage**, docteur ès sciences, chef de travaux biogiques à la Sorbonne, qui a consacré une partie de son existence et tout son labeur scientifique à l'étude des animaux et des plantes de la Réunion.

I. Durant son séjour dans l'île, M. Bordage a soigneusement étudié les phénomènes d'autotomie et de régénération chez divers Arthropodes, chez les Insectes notamment. Parmi ces derniers, les Orthoptères pentamères (Phasmides, Mantides et Blattides) ont surtout attiré son attention. Après

autotomie, les phénomènes de régénération des appendices se manifestent d'une façon très nette chez les Arthropodes étudiés, chez les Orthoptères pentamères en particulier, dont les membres régénérés offrent certains caractères spéciaux. Le plus remarquable de ces caractères, la *tétramérie* du tarse, correspond à la réapparition d'un type morphologique ancestral; le regretté Giard fut très frappé par ce phénomène qu'il a désigné sous le nom de *régénération hypotypique*.

Le processus histologique de la régénération est le même chez les représentants des trois familles d'Orthoptères pentamères. Il y a concomitance des phénomènes d'histolyse et d'histogenèse; les premiers ayant pour but de faire disparaître les vieux tissus qui emplissent le moignon demeuré en place, tandis que l'histogenèse édifie les tissus du membre de remplacement. Les phénomènes de la régénération ne se bornent donc pas ici à un simple bourgeonnement : il y a refonte ou remodelage plus ou moins complet des articles demeurés adhérents au corps. Récemment, M. Bordage a montré que la phagocytose joue un rôle très effacé dans l'histolyse des tissus du moignon; par contre, la dégénérescence graisseuse et la dissolution humorale remplissent un rôle de première importance. Dans certains cas la dégénérescence graisseuse des muscles donne naissance à des nappes ou à des cordons adipeux qui paraissent devoir être conservés, et qui ressemblent à s'y méprendre aux nappes et aux cordons du tissu adipeux, dont il faut chercher l'origine première dans certaines cellules mésodermiques embryonnaires. La transformation du tissu musculaire en tissu adipeux est vraisemblablement opérée par une enzyme. De très belles microphotographies, reproduisant, sous forme de planches hors texte, les préparations histologiques de M. Bordage, montrent avec la plus grande netteté cette transformation du tissu musculaire en tissu adipeux. Ces remarquables processus étaient inconnus jusqu'ici; leur intérêt dépasse de beaucoup le problème de la régénération, car ils présentent des ressemblances profondes avec ceux que l'on observe dans la métamorphose des Insectes.

II. Pendant son séjour à la Réunion, M. Bordage a étudié les mutations de certains Crustacés décapodes appartenant à la famille des Atyidés. Au cours de recherches de systématique effectuées sur ces Crevettes d'eau douce, je fus conduit à penser que les *Ortmännia* devaient donner naissance, par mutation évolutive, à des *Atya*, c'est-à-dire à des Crustacés dont ils diffèrent étrangement par la forme des pinces. M. Bordage a pu vérifier, au moyen d'élevages, le bien-fondé de cette hypothèse. Les femelles d'*Ort-*

*mannia Alluaudi* donnent non seulement des jeunes semblables à elles-mêmes, mais encore des *Atya serrata*. Ces dernières, de leur côté, ne donnent que des *Atya*.

Une élégante expérience de M. Bordage vient en quelque sorte compléter la démonstration. Après amputation d'un chélipède d'*Atya serrata*, la régénération reproduit une pince construite sur le type ortmannien, c'est-à-dire non fendue jusqu'à la base. Cette curieuse particularité persiste jusqu'à la première mue venant après la mutilation. Après cette mue, la pince est du type atyen, et par suite fendue jusqu'à la base. On a ici une régénération hypotypique au sens où l'entendait Giard, c'est-à-dire une régénération à caractère ancestral.

III. M. Bordage a étudié les mœurs très intéressantes de sept Hyménoptères exotiques de la famille des Sphégides, dont l'un représente une espèce nouvelle (*Passalœcus dorsalis*). Il a conçu et mis à exécution tout un plan d'expériences ingénieuses pour suivre les manifestations de l'instinct. Il a cherché aussi quels étaient les parasites et les inquilines habitant les nids de ces Sphégides. Au nombre de ceux-ci se trouve un curieux Uropodide que le Dr Oudemans (d'Arnhem, Hollande) a décrit sous le nom de *Cilliba Bordagei*. D'autres Hyménoptères (*Chrysis lusca*, *Evania Desjardinsii*, *Coquerelia insidiosa*, *Apis unicolor*, etc.) ont été l'objet de patientes observations de la part de M. Bordage, ainsi que différents Orthoptères, parmi lesquels nous citerons une Blatte, le *Panchlora maderœ*, qui est vivipare et, par suite, ne fabrique pas d'oothèque.

IV. M. Bordage a été amené à étudier les insectes nuisibles aux principales cultures des pays chauds (Canne à sucre, Caféier, Vanillier, etc.). Parmi ces insectes figurent quelques espèces nouvelles. Il était intéressant de rechercher quels étaient les insectes utiles limitant le nombre de ces ennemis des plantations dans notre colonie. Des Ichneumonides détruisent une grande quantité de chenilles ou *borers* de la Canne à sucre. Les minuscules chenilles de l'Élachiste et de la Gracilaire, qui minent la feuille du Caféier, sont parasitées par un Chalcidien, l'*Eulophus borbonicus* Giard, et par un Braconide, l'*Apanteles Bordagei* Giard. Quant aux trois espèces d'Acridiens qui, certaines années, causent des dégâts assez sensibles dans les champs de Canne à sucre, leur principal ennemi est un Diptère, l'*Anthomyia rubrofasciata*.

V. A la Réunion, M. Bordage a eu l'occasion d'entreprendre quelques

recherches de biologie végétale. Voici les résultats les plus remarquables auxquels il est arrivé.

Ses expériences sur le Papayer, arbre dioïque, lui ont montré qu'il est possible de provoquer des variations sexuelles chez ce végétal. En sectionnant la partie terminale de la tige, on peut transformer le Papayer mâle, dont les fleurs, petites et stériles, sont disposées en longues grappes pendantes, en un Papayer femelle, dont les fleurs, très grandes et sessiles, possèdent un ovaire qui se développe en un énorme fruit. M. Bordage a indiqué quelles sont, à son avis, les phénomènes physiologiques, consécutifs à la mutilation, qui produisent le changement sexuel. Le Dr Édouard Heckel, à Marseille, et M. J. Jorns, à Porto-Rico, ont expérimenté avec le même succès sur le végétal en question. Enfin, tout récemment, M. J.-E. Higgins a exposé, dans *The Journal of Heredity* (Washington, mai 1916), les résultats identiques auxquels il est arrivé. Ces trois auteurs ne semblent pas avoir eu connaissance des expériences antérieures de M. Bordage, à qui toute priorité revient incontestablement.

Je citerai maintenant les observations et les expériences relatives au Pêcher. Cet arbre, introduit à la Réunion, y est devenu un végétal à feuillage subpersistant. M. Bordage a constaté que ce caractère est héréditaire. De jeunes Pêchers, nés de noyaux de fruits récoltés dans l'île, ne perdent, chaque année, qu'une partie de leur feuillage. Par contre, les jeunes Pêchers, nés de noyaux importés d'Europe, se dépouillent entièrement. Nous avons donc ici un exemple d'hérédité de caractère acquis venant à l'encontre des idées de Weismann sur la façon dont doivent se comporter les arbres fruitiers importés d'Europe dans les pays chauds. A propos de cet exemple, je dirai, en passant, que M. Bordage ne croit pas à l'existence d'une fosse profonde entre la variation lente et la variation brusque, entre la fluctuation et la mutation, en quoi il partage les idées de plusieurs biologistes, et notamment de M. Lameere.

Après avoir étudié les modifications du rythme foliaire chez des arbres importés de différents pays à la Réunion, M. Bordage a fait des recherches sur l'influence que peut avoir sur ce rythme l'antagonisme qui règne entre la croissance et la genèse sexuelle, ou, si l'on préfère, entre le bourgeon foliaire et le bourgeon floral, antagonisme si nettement mis en lumière par Herbert Spencer dans ses *Principes de Biologie*. Il est ainsi arrivé à des conclusions très intéressantes.

Enfin, M. Bordage a recherché les causes d'un curieux phénomène : le départ de la végétation (foliaison et floraison) se produisant quelquefois au

moment de l'année où règne la plus grande sécheresse. Dans les pays chauds, le départ de la végétation semble, dans nombre de cas, être commandé par une élévation de température accompagnée des pluies du début de la saison chaude et humide. Il existe cependant une quantité notable de végétaux, les uns à feuillage caduc, les autres à feuillage persistant, qui émettent des feuilles nouvelles même pendant la saison où la température atteint son minimum, et souvent au cours d'une période de sécheresse prolongée. Les observations de M. Bordage tendent à prouver que l'émission de fleurs et de feuilles nouvelles en la saison de l'année qui paraît le plus défavorable, est provoquée par les écarts de grande amplitude qui se manifestent entre les températures extrêmes des journées vers la fin de la période de sécheresse. Ces écarts très marqués causeraient une série de contractions et de dilatations très prononcées des gaz et de la vapeur d'eau contenus dans les vaisseaux conducteurs presque vides de sève. Cette série de contractions et de dilatations, après avoir détaché les cals qui obstruaient les vaisseaux libériens, déterminerait, par une sorte d'aspiration, l'amorçage du système compliqué de siphons représenté par l'ensemble des vaisseaux conducteurs.

Toutes les recherches de M. Bordage ont été faites ou commencées à la Réunion, où il avait été appelé à la direction du Musée de Saint-Denis. On devrait être reconnaissant aux hommes de science qui vont travailler au loin pour la Patrie; mais, pour eux, les années coloniales ne comptent pas double et M. Bordage en fit durement l'épreuve. Des raisons locales firent supprimer momentanément la direction du Musée, et M. Bordage revint en France sans situation aucune, après avoir consacré deux lustres de labeur dans la colonie où on l'avait appelé. Sans notre confrère Giard, qui estimait hautement la grande originalité de ses travaux, et qui lui offrit un emploi dans son laboratoire, M. Bordage se trouvait complètement désemparé; aujourd'hui encore, il pâtit de l'avance que d'autres, restés sur place, ont gagné sur lui et n'occupe pas la situation qu'il mérite.

Il faut remonter ce courant fâcheux, et encourager les hommes de science qui vont exercer au loin leurs talents; M. Bordage est l'un de ces hommes, et c'est pourquoi nous vous proposons de lui attribuer le prix Houllevigue.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

## PRIX SAINTOUR.

(Commissaires : Armand Gautier, Edmond Perrier, Guignard, Müntz, Roux, Bouvier, Termier.)

Le prix n'est pas décerné.

## PRIX HENRI DE PARVILLE.
(Ouvrages de Sciences.)

(Commissaires : MM. Jordan, d'Arsonval, Armand Gautier, Carnot; Darboux, A. Lacroix et Émile Picard, rapporteurs.)

Votre Commission vous propose de décerner :

Un prix de *mille francs* à M. **Auguste Barbey**, expert forestier à Montcherand-sur-Orbe (Suisse), pour son Ouvrage intitulé : *Traité d'Entomologie forestière ;*

Un prix de *cinq cents francs* à M. **Louis Raveneau**, secrétaire des *Annales de Géographie*, pour sa *Bibliographie géographique annuelle ;*

Un prix de *cinq cents francs* à M. **Daniel Bellet**, pour son Ouvrage intitulé : *La mer et l'homme ;*

Un prix de *cinq cents francs* à M. **E. Montoriol**, inspecteur des Postes et Télégraphes, pour son Ouvrage intitulé : *La technique télégraphique en France depuis l'origine*.

*Rapport de M.* **A. Lacroix** *sur M.* Auguste Barbey.

M. **Auguste Barbey**, expert forestier à Montcherand, canton de Vaud, et correspondant étranger de l'Académie d'Agriculture de France, s'occupe depuis longtemps de la biologie des insectes sylvicoles; aux qualités d'un excellent observateur, il joint celles d'un savant praticien, connaissant à fond, pour les avoir étudiées dans la nature et aussi dans les principales écoles forestières de l'Europe, les méthodes de protection qui doivent être employées contre les insectes ravageurs.

Malgré l'importance des dommages causés par ces bestioles et la perpétuelle menace qu'elles représentent pour le reboisement, il n'existait aucun Traité écrit en langue française, mettant à la portée des forestiers les notions nécessaires pour reconnaître les ennemis contre lesquels les

arbres doivent être défendus, aussi bien que les méthodes permettant de les combattre. Le *Traité d'Entomologie forestière* de M. Barbey est venu combler cette lacune regrettable (1913) et le grand succès obtenu par cet excellent Ouvrage de vulgarisation scientifique montre le rôle utile qu'il est appelé à jouer et qu'il joue déjà.

Tout en tenant compte de ce qui a été ultérieurement publié sur cette question, l'auteur a fait une œuvre originale, essentiellement basée sur ses observations personnelles, sur l'étude des collections qu'il a recueillies lui-même, illustrée par ses propres photographies.

Ce sujet spécial est présenté d'une façon attrayante, accessible à tous et contribuera aussi à développer le goût de l'histoire naturelle non seulement chez les forestiers, mais encore dans le grand public qui s'intéresse aux maladies des arbres qu'il aime et qu'il voit parfois souffrir sous ses yeux.

En proposant à l'Académie d'attribuer un prix H. de Parville de *mille francs* à M. **Auguste Barbey**, la Commission est heureuse, en outre, dans les circonstances actuelles, de donner une marque d'estime à un Suisse romand qui a prodigué des preuves de sympathie à notre pays et a publié à Paris son Ouvrage destiné à rendre de grands services pour la conservation et la protection de nos forêts, l'une des ressources de notre richesse nationale.

*Rapport de M.* **A. Lacroix** *sur M.* Louis Raveneau.

M. **Louis Raveneau** a entrepris en 1891 la publication dans les *Annales de Géographie* d'une bibliographie destinée à mettre sous les yeux des lecteurs français le tableau de la production géographique mondiale de l'année courante, tableau systématiquement classé et suivi pour chaque article d'une très courte analyse donnant en quelques mots ce qu'il présente d'essentiel. Des tables d'auteurs fort complètes rendent faciles les recherches.

Peu à peu le cadre s'est élargi, M. Raveneau a dû faire appel à un nombre de plus en plus grand de collaborateurs en même temps que le volume annuel prenait des dimensions de plus en plus considérables. C'est ainsi que le Tome 23-24, correspondant aux années 1913-1914, réunies pour la cause que l'on sait, ne comprend pas moins de 576 pages in-8, dans lesquelles sont analysés 1772 livres ou mémoires. 21 860 articles ont été ainsi passés en revue depuis l'origine de la publication.

Cette œuvre est à la fois un travail d'érudition indispensable à quiconque

s'occupe de géographie et des nombreuses sciences qui y touchent, mais c'est aussi une entreprise française de haute vulgarisation, rendant accessibles pour le plus grand nombre une foule d'Ouvrages qu'il a intérêt à connaître et qu'il ne trouverait sans elle que dans des publications étrangères.

Pour toutes ces raisons, la Commission propose à l'Académie de donner à M. **Raveneau** une marque d'estime et de sympathie sous la forme d'un prix H. de Parville de *cinq cents francs*.

*Rapport de M.* **G. Darboux** *sur l'Ouvrage de M.* Daniel Bellet, *intitulé : « La mer et l'homme ».*

Ce Livre traite de différentes questions intéressant la mer et la navigation, les plantes et les animaux marins, les pêches maritimes, le navire moderne, les phares, les ports, la télégraphie, etc. Écrit avec beaucoup de netteté, il répond bien aux conditions que l'on doit réclamer pour un Ouvrage de vulgarisation scientifique, et la Commission propose à l'Académie de lui attribuer sur les fonds de Parville un prix de *cinq cents francs*.

*Rapport de M.* **Émile Picard** *sur l'Ouvrage de M.* E. Montoriol.

Un prix de *cinq cents francs* est accordé à M. **E. Montoriol**, inspecteur des Postes et Télégraphes, pour son Ouvrage *La Technique télégraphique en France depuis l'origine*. L'auteur s'est surtout proposé de faire connaître le rôle important joué par les savants et inventeurs français dans le développement de la télégraphie. Il y a pleinement réussi dans des analyses succinctes mais précises, où il retrace l'histoire de la télégraphie depuis les premiers essais de Chappe en télégraphie aérienne jusqu'aux travaux les plus récents sur la télégraphie sans fil.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

## PRIX LONCHAMPT.

(Commissaires : MM. Chauveau, Edmond Perrier, Guignard, Roux, Laveran, Mangin; Dastre et Maquenne, rapporteurs.)

La Commission propose de décerner :

Un prix de *deux mille cinq cents francs* à M^lle^ **Thérèse Robert**, docteur ès sciences naturelles, professeur au Lycée de garçons de Grenoble ;

Un prix de *quinze cents francs* au Dr **H. Busquet**, professeur agrégé à la Faculté de Médecine de Nancy.

*Rapport de M.* **L. Maquenne** *sur les travaux de Mlle* Thérèse Robert.

L'action qu'exercent les matières minérales sur les plantes a déjà fait l'objet d'un grand nombre de travaux, mais la plupart de ces recherches ont trait, soit à la détermination de la limite de toxicité des sels de métaux lourds, soit à l'étude des effets produits à doses infinitésimales par certains corps, tels que le manganèse, le zinc, l'aluminium, le plomb, etc. On ne s'est encore que très peu préoccupé de l'action élective des substances alimentaires ou indispensables à l'évolution végétale, comme les sels de potassium, de calcium et de magnésium; en ce qui concerne ces deux derniers métaux, les indications relatives à leurs proportions les plus avantageuses sont même assez confuses et l'on n'est pas fixé sur le point de savoir si le calcium est nécessaire aux cryptogames aussi bien qu'aux phanérogames.

C'est cette étude de l'action du calcium que Mlle **Th. Robert**, élève de l'École Normale supérieure et agrégée de l'Université, a reprise et exposée dans sa Thèse pour le doctorat.

Le travail de Mlle Robert se fait d'abord remarquer par le choix judicieux des méthodes d'expérimentation et le soin avec lequel l'auteur s'efforce d'écarter toutes les causes d'erreurs possibles. Les cultures sont faites dans des solutions nourricières préparées avec des produits purs et de l'eau redistillée dans des appareils de verre, pour se mettre à l'abri des traces de cuivre que renferme presque toujours l'eau distillée commerciale. Cette dernière précaution a d'ailleurs été déjà recommandée par différentes personnes.

Les cultures partent de graines et ne sont guère prolongées plus de deux semaines : il s'agit donc de germination plutôt que de végétation proprement dite. Les semences sont stérilisées et les liqueurs nourricières préparées aseptiquement : on mesure l'allongement des jeunes plantes, ainsi que leur poids sec et, s'il y a lieu, on dose le calcium absorbé.

Examinant d'abord les Mucédinées, Mlle Robert reconnaît, ainsi du reste qu'on l'avait dit avant elle, que le calcium n'exerce aucune action sur l'*Aspergillus niger*, jusqu'à la dose de 1g par litre où il devient toxique; l'augmentation de poids, toujours très faible, que détermine l'addition de calcium aux solutions nutritives, est uniquement due à la formation d'oxalate de chaux, particulièrement sensible quand il y a autolyse, par défaut d'alimentation ou toute autre cause.

Le *Penicillium glaucum* se comporte de même, bien qu'on ait dit le contraire; en réalité il ne diffère de l'*Aspergillus* qu'en ce que, sécrétant moins d'acide oxalique, il absorbe moins de calcium. Les champignons inférieurs ne semblent donc pas avoir besoin de chaux pour se développer, et cette substance n'exerce pas, à leur égard, l'action antitoxique qu'elle possède vis-à-vis des phanérogames.

Tout autre est l'action des sels de calcium sur les végétaux supérieurs : absolument indispensables à l'évolution de la plante, ils sont en outre capables de neutraliser l'influence fâcheuse de matières telles que les composés du potassium, de l'ammonium ou du magnésium, qui se montrent toxiques quand ils sont employés seuls, et même, dans une certaine mesure, celle des poisons violents comme le cuivre.

La tolérance des plantes supérieures pour les sels de calcium est considérable, pouvant s'étendre pour le blé à des solutions renfermant jusqu'à $10^g$ et $20^g$ par litre de chlorure $CaCl^2$. Elle est d'ailleurs variable avec les espèces : le lupin jaune et en général les plantes calcifuges ne supportent sans dommage que des doses assez faibles de calcium, $2^g$ à $5^g$ seulement par litre de solution. Les cendres de ces végétaux renferment cependant autant de chaux, quelquefois même davantage, que celles des espèces calcicoles.

M^lle^ Robert en déduit que les plantes dites *calcifuges* sont douées vis-à-vis du calcium d'une faculté d'assimilation supérieure à celle des plantes calcicoles et que c'est à cause de cette faculté que la chaux, en s'accumulant outre mesure dans leurs tissus, leur devient nuisible dès que le milieu où elles se développent en renferme une trop forte proportion. C'est là une conclusion des plus intéressantes, qui découle nettement de toutes les observations faites par l'auteur de cet important Mémoire.

Aussi la Commission propose-t-elle à l'Académie de vouloir bien sanctionner cet ensemble de recherches en attribuant à M^lle^ **Thérèse Robert** la somme de *deux mille cinq cents francs* sur le prix Lonchampt.

*Rapport de M.* **Dastre** *sur les travaux de M.* Busquet.

M. **Busquet**, professeur agrégé à la Faculté de Médecine de Nancy, a présenté au concours du prix Lonchampt un ensemhle de recherches d'ordre physiologique et pharmacodynamique, poursuivies depuis plusieurs années. La Commission a plus particulièrement retenu la série d'études publiées en collaboration avec V. Pachon sur « Le calcium, condition chimique nécessaire de l'inhibition cardiaque ».

Les auteurs ont constaté que le phénomène de l'arrêt du cœur par excitation du nerf vague ou du sinus veineux ne peut pas se produire dans une atmosphère liquide constituée par des solutions isotoniques de sels de sodium circulant artificiellement à travers le cœur. Cet appareil nerveux d'arrêt du cœur fonctionne, au contraire, dès qu'il y a dans le liquide des proportions, fussent-elles infimes, de calcium, sous forme de sels solubles quelconques. Les solutions sodiques ne contenant point de calcium (et d'ailleurs compatibles avec le fonctionnement du cœur, à la réserve de l'appareil d'arrêt) n'exercent leur action que pendant leur passage dans le cœur : l'effet ne survit pas à l'irrigation. L'appareil cardio-inhibiteur reprend son fonctionnement dès qu'on ajoute à la solution du calcium sous forme de sels ou des substances telles que la gomme, la gélatine, ou des extraits d'organes, riches en calcium.

Le calcium, déjà indiqué comme agent modérateur d'activité cellulaire par J. Loeb et L. Sabbatani, est donc, en plus, la condition spécifique de l'activité de l'appareil nerveux modérateur cardiaque.

Les auteurs ont vu, en outre, que les différents sels de sodium sont toxiques, vis-à-vis de l'appareil cardio-inhibiteur, en tant qu'ils sont des précipitants du calcium.

Dans une autre série de recherches M. Busquet constate la grande toxicité sur le cœur des phosphates di- et trisodique qui se manifeste par l'arrêt brusque du cœur (étudié isolément). Cette action est due à un mécanisme décalcifiant. La décalcification est un processus toxique cardiaque. Enfin le ralentissement du cœur pendant la phase d'expiration, phénomène qui s'exerce par l'intermédiaire de l'appareil cardio-iuhibiteur, est considérablement exagéré par les sels de calcium.

M. Busquet est l'auteur d'autres recherches intéressantes sur la fibrillation expérimentale du cœur, sur l'action physiologique de l'or colloïdal, ainsi que de diverses substances médicamenteuses.

C'est l'ensemble de ces travaux que la Commission propose à l'Académie de récompenser en attribuant à M. **Busquet** *quinze cents francs* sur le prix Lonchampt.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

## PRIX WILDE.

(Commissaires : MM. Darboux, Grandidier, Lippmann, Émile Picard, Guignard, Violle; A. Lacroix, rapporteur.)

Votre Commission vous propose d'attribuer :

Un prix de *deux mille francs* à M. **Mansuy**, paléontologiste du Service géologique de l'Indo-Chine, pour l'ensemble de ses travaux.

Un prix de *deux mille francs* à M. le Dr **F. Garrigou**, professeur adjoint à la Faculté de Médecine de Toulouse, pour l'ensemble de ses travaux.

### *Rapport sur les travaux de M.* Mansuy.

Les travaux de M. **Mansuy** sont tous consacrés à l'étude de la faune paléozoïque de notre grande colonie d'Extrême-Orient. Depuis quinze ans, M. Mansuy s'est exclusivement consacré à cette tâche. Tout d'abord collaborateur de M. Lantenois dans l'exploration du Yunnan, il a parcouru seul le nord du Tonkin, le Laos, puis, à partir de 1909, il est devenu pour l'exploration du Yunnan le dévoué collaborateur de M. Deprat, directeur du Service géologique : l'étude du Yunnan oriental résultant de cette dernière collaboration a été récompensée, il y a quelques années, par le prix Tchihatchef.

M. Mansuy s'est consacré tout particulièrement à l'étude et à la description des fossiles recueillis par lui-même ou par ses collègues d'Hanoï.

Il a publié successivement dans les *Mémoires du Service géologique de l'Indo-Chine* les œuvres suivantes richement illustrées :

*Les résultats paléontologiques de la mission du Laos* (9 planches in-folio);

*La Paléontologie du Yunnan oriental* (25 planches);

Une série de *Contributions à la Paléontologie de l'Annam, du Tonkin et de l'Indo-Chine* (15 planches);

La première partie d'une *Description monographique de la faune des calcaires à Productus* (13 planches). Malgré les difficultés de l'heure présente, la deuxième partie, accompagnée, elle aussi, de nombreuses planches, est à peu près achevée et va paraître incessamment.

Les êtres paléozoïques que M. Mansuy a étudiés plus spécialement sont du plus haut intérêt et en grande partie nouveaux pour la Science; on lui

doit la découverte du Cambrien, présentant des affinités américaines, tandis que certaines faunes du Dévonien rappellent celles d'Europe. La monographie en cours du publication montre bien le grand développement des faunes carbonifériennes et permiennes dans le sud-est de l'Asie.

M. Mansuy n'a pas négligé les formations plus récentes; il nous a fait connaître une importante faune triasique, prolongement de celle de l'Himalaya, et a publié d'intéressantes contributions à l'anthropologie de l'Indo-Chine.

Par ses soins, une magnifique collection paléontologique indo-chinoise a été organisée dans un bâtiment consacré spécialement à cet effet; elle constitue un puissant instrument de travail pour tous ceux qui veulent ou voudront étudier la constitution du sol de l'Indo-Chine et de la Chine méridionale.

M. Mansuy a sauvé de la destruction les documents accumulés par l'ancienne Mission scientifique permanente de l'Indo-Chine; il les a classés, les a complétés par ses propres récoltes et a jeté ainsi le fondement du Musée d'Histoire naturelle d'Hanoï.

Le caractère de M. Mansuy est à la hauteur de sa science; c'est un autodidacte dont la remarquable énergie attire la sympathie. Ouvrier manuel dans sa jeunesse, il a acquis à force de travail et de persévérance une forte instruction; passionné pour l'histoire naturelle, il consacrait jadis tout le temps qu'il pouvait dérober à son labeur journalier à visiter les carrières des environs de Paris pour y recueillir des fossiles, à fréquenter les cours publics du soir et les laboratoires où il a conquis de solides amitiés. Engagé en 1901 comme géologue par le gouvernement de l'Indo-Chine, il n'a depuis lors quitté la colonie que pour trois courts séjours en France, consacrés à des recherches comparatives dans les collections de Paris.

En attribuant un prix Wilde de *deux mille francs* à M. **Mansuy**, l'Académie honorera donc une existence laborieuse et utile. Elle donnera aussi, en sa personne, une marque d'estime et de sympathie à ceux qui, loin de la mère patrie, travaillent noblement à sa grandeur en même temps qu'au développement de la Science.

*Rapport sur M. le Dr* Garrigou.

La longue carrière du Dr **Garrigou** s'est déroulée entièrement dans sa province natale, où il a trouvé le sujet de très nombreuses publications dont la première date de 1857. Il a touché à de nombreux sujets, mais il s'est plus spécialement consacré à l'hydrologie considérée aux points de vue

géologique, chimique et médical. Les Pyrénées constituent à cet égard un incomparable champ d'étude; il n'est guère de station thermale de la chaîne — et elles sont nombreuses — qui n'ait été minutieusement étudiée sur place par M. **Garrigou** et dont il n'ait analysé les eaux.

Il a jadis inauguré un enseignement de l'hydrologie à la Faculté de Médecine de Toulouse, où il professe encore, malgré ses 81 ans.

Ses recherches sur la géologie de l'Ariège, ses fouilles des cavernes à ossements et d'autres gisements préhistoriques pyrénéens lui ont permis de réunir des collections dont il a fait cadeau à la ville de Foix et qui, à elles seules, constituent le Musée d'Histoire naturelle de cette ville.

C'est cette vie de travail, cette continuité de l'effort poursuivi en dehors de Paris que la Commission propose à l'Académie de récompenser par un prix Wilde de *deux mille francs*.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

## PRIX CAMÉRÉ.

(Commissaires : MM. Marcel Deprez, Carnot, Humbert, Vieille, Le Chatelier, Carpentier; Lecornu, rapporteur.)

M. **Freyssinet**, ingénieur des Ponts et Chaussées à Moulins, a construit, dans les environs de cette ville, plusieurs ouvrages pour l'exécution desquels il a imaginé des procédés remarquables. L'un de ces procédés consiste dans l'emploi de béton à armature cellulaire. L'armature métallique est constituée, ainsi que l'indique son nom, par un quadrillage de fils d'acier formant des mailles parallélépipédiques qu'on remplit de béton. Ce système permet d'exercer, à travers les mailles, une compression énergique du béton et d'obtenir ainsi une résistance très élevée. Une autre innovation concerne la réalisation d'articulations dans les voûtes en béton armé : au point d'articulation, on divise l'épaisseur de la voûte en trois parties; la partie voisine de l'intrados est interrompue par un joint de $2^{cm}$, et de même la partie voisine de l'extrados; la partie intermédiaire assure ainsi à elle seule la continuité de la voûte : l'armature cellulaire dont elle est pourvue lui permet de résister à la forte pression qui lui est imposée. Une articulation de ce genre supporte sans détérioration des flexions alternées; le béton enserré dans le réseau d'acier se comporte un peu comme un liquide placé dans un sac inextensible. M. Freyssinet a également mis en pratique la mise en charge d'une voûte par compression tangentielle, avant démon-

tage du cintre. Au pont du Veurdre sur l'Allier, par exemple, construit en 1910, l'articulation de clef, en acier moulé, était formée de quatre tronçons de $90^{cm}$, laissant entre eux trois intervalles occupés chacun par un vérin agissant horizontalement entre des plaques d'acier, de $4^{cm}$ d'épaisseur, solidaires de masses de béton armées cellulairement. La poussée des vérins produisit des vides qu'on combla ensuite par des paquets de feuilles d'acier et de ciment. Ce procédé de décintrement présente plusieurs avantages : il simplifie l'établissement du cintre, il permet de régler avec précision la forme de l'arc; enfin il laisse à l'ingénieur la faculté de fixer de la façon la plus convenable la position de la courbe des pressions et l'intensité de la poussée.

Cet ensemble de travaux recommande particulièrement M. **Freyssinet** pour l'obtention du prix Caméré.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

## PRIX GUSTAVE ROUX.

(Commissaires : MM. Jordan, d'Arsonval, G. Darboux, Émile Picard, Edmond Perrier; A. Lacroix, rapporteur.)

M. **Michel Longchambon**, agrégé préparateur à l'École Normale, était parmi les jeunes géologues et pétrographes l'un de ceux sur lesquels il était permis de compter le plus.

Initié par M. Léon Bertrand à la tectonique des Pyrénées, il s'était passionné pour cette admirable Chaîne de montagnes et s'était promis de consacrer à son étude sa carrière de géologue. Il avait commencé avec succès.

Les *Comptes rendus*, le *Bulletin de la Société géologique de France* avaient reçu plusieurs Notes intéressantes de lui. Son principal travail est une *Contribution à l'étude du métamorphisme des terrains secondaires dans les Pyrénées orientales et ariégeoises*, il forme le n° 131 du *Bulletin de la Carte géologique;* ce Mémoire lui avait valu le diplôme d'Études supérieures à la Sorbonne et un prix de la Société géologique : son développement devait constituer sa Thèse de doctorat.

Une des conclusions de cette étude m'ayant paru soulever quelques réserves, j'avais engagé Longchambon à venir étudier dans mon laboratoire les nombreux matériaux que j'ai recueillis sur cette même question et dont beaucoup sont restés inédits. Il s'était rendu à cette invitation,

et c'est ainsi que, pendant un an et demi, il a travaillé à mes côtés. J'ai pu alors apprécier cette nature d'élite, éprise d'idées générales et puissamment aidée par une forte culture scientifique.

La guerre est venu interrompre ses recherches. Mobilisé comme sergent, puis promu sous-lieutenant mitrailleur au 414e d'infanterie, il se distingua dans ces fonctions et obtint la croix de guerre, puis il partit pour Verdun. Le 5 août, il y tombait mortellement blessé. C'est une victime héroïque de plus à ajouter à la liste déjà si longue du Livre d'or de l'École Normale.

Il a été l'objet de la citation suivante à l'ordre du jour de l'armée :

« Officier d'élite ayant toujours apporté dans l'accomplissement de ses fonctions le souci le plus scrupuleux du devoir. A été grièvement blessé alors qu'il travaillait depuis une heure sous un bombardement violent à installer ses mitrailleuses dans une position difficile. »

Longchambon laisse une toute jeune femme qu'il pensait avoir la joie d'associer à ses études.

La Commission a été unanime à proposer l'attribution du prix Gustave Roux à M. **Michel Longchambon** : elle propose en outre de prendre sur des disponibilités la somme nécessaire pour porter le prix à *deux mille francs*.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

## PRIX THORLET.

(Commissaires : MM. Jordan, d'Arsonval, Darboux, Émile Picard, Edmond Perrier; A. Lacroix, rapporteur.)

M. Thorlet a légué à l'Institut de France un revenu de 17600fr destiné à la distribution de *prix de toute espèce : prix de vertu, prix d'encouragement pour des œuvres sociales ou d'érudition s'occupant d'histoire ou d'art, en particulier de peinture*. La Commission administrative centrale a décidé que chacune des cinq Académies attribuerait un prix spécial sur ce fond commun; les quatre Académies, plus particulièrement visées par le texte du testament, disposeront de 4000fr et l'Académie des Sciences de 1600fr. C'est donc un *prix de vertu* que nous aurons désormais à décerner chaque année : par une décision récente, l'Académie a confié à sa Commission administrative le soin de lui faire des propositions pour ce nouveau prix. Nous vous demandons de le décerner à M. **Adolphe Richard**.

M. Richard a publié plusieurs Notes minéralogiques intéressantes, mais

sa vie a été surtout consacrée à l'éducation de nombreuses générations d'ingénieurs. Nommé en 1873 préparateur de Minéralogie à l'École nationale des Mines, il a été pendant 40 années le fidèle collaborateur de nos confrères Mallard et Termier. Il a occupé la même situation à l'École des Ponts et Chaussées et à l'Institut agronomique; il est encore aujourd'hui répétiteur de Géologie et de Minéralogie à l'École centrale. Il a rempli ces fonctions avec autant de science que d'intelligence et avec un très grand dévouement pour les jeunes gens.

Veuf de très bonne heure, M. Richard a élevé dans des conditions difficiles une famille de sept enfants. Il a récemment donné à la Patrie le dernier de ses fils, jeune officier, qui a contracté une maladie mortelle dans les tranchées de la Champagne.

Vieux patriote lorrain, décoré de la Légion d'honneur en 1871, pour action d'éclat, alors qu'il servait comme simple garde mobile dans Phalsbourg assiégée, M. Richard a tenu, dès le début de la guerre, à se rendre utile et, sans vouloir accepter de rétribution, il a pendant une année assuré un service à la Bibliothèque de l'Institut. Aujourd'hui encore, il travaille au Catalogue des périodiques entrepris sous les auspices de l'Académie.

La Commission a pensé que les mérites de M. **Richard** étaient de ceux qui doivent être récompensés par le prix de vertu Thorlet et elle vous demande d'approuver sa proposition.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

## FONDATION LANNELONGUE.

(Commissaires : MM. Jordan, d'Arsonval, A. Lacroix, Émile Picard, Edmond Perrier; G. Darboux, rapporteur.)

Les arrérages de la fondation sont partagés entre M[mes] **Cusco** et **Rück**.

## PRIX LAPLACE ET RIVOT.

Ces prix, réservés aux premiers élèves sortant de l'École Polytechnique, n'ont pu être décernés cette année.

## FONDS DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES.

### FONDATION TRÉMONT.

(Commissaires : MM. Jordan, d'Arsonval, A. Lacroix, Émile Picard, Edmond Perrier; G. Darboux, rapporteur.)

Une subvention de la valeur de *mille francs* est attribuée à M. **Charles Frémont**, chef des travaux pratiques à l'École nationale supérieure des Mines, pour ses recherches sur les déformations des métaux soumis à des efforts.

### FONDATION GEGNER.

(Commissaires : MM. Jordan, d'Arsonval, A. Lacroix, Émile Picard, Edmond Perrier; G. Darboux, rapporteur.)

Un prix de *deux mille francs* est décerné à M. **A. Claude**, membre adjoint du Bureau des Longitudes, attaché à l'Observatoire du parc de Montsouris.

Un prix de *deux mille francs* est décerné à M^lle^ **I. Ioteyko**, docteur en médecine, ancien chef de laboratoire à l'Université de Bruxelles.

### FONDATION JÉROME PONTI.

(Commissaires : MM. Émile Picard, Bouvier, A. Lacroix, Maquenne, le prince Bonaparte, Villard; Guignard, rapporteur.)

Les explorations botaniques accomplies en Algérie, après la conquête, par Cosson et ses collaborateurs, par Pomel et d'autres naturalistes, avaient déjà fourni, vers 1875, d'intéressants documents sur la végétation de ce pays. Mais ces matériaux, restés en partie inédits, ne pouvaient offrir qu'un inventaire incomplet de la flore qui caractérise chacune des régions très différentes dont il se compose.

L'Algérie, en effet, est comme un tapis formé de pièces d'étoffe les plus

disparates : ici d'impénétrables forêts, là des surfaces absolument nues; près de régions très pluvieuses, des contrées désolées par la sécheresse; là des régions tempérées, ailleurs des pays torrides. Commençant par un rivage tout européen, elle finit dans le mieux caractérisé des déserts. Deux grands bourrelets montagneux, courant parallèlement à la Méditerranée, forment une bordure littorale, le Tell, et une bordure saharienne, entre lesquels est comprise une longue terrasse, les Hauts-Plateaux ou région des steppes.

C'est ce champ d'exploration, si vaste et si varié, que MM. **Battandier** et **Trabut**, professeurs à la Faculté de Médecine d'Alger, ont entrepris, il y a quarante ans, de parcourir en tous sens dans le but d'effectuer le dénombrement et d'établir la répartition des plantes qui peuplent ses plaines, ses montagnes et ses solitudes.

Une telle étude était alors particulièrement ardue, en raison de l'exiguïté des ressources locales, du manque d'herbiers généraux et de l'insuffisance des documents botaniques nécessaires dans ce genre de recherches. Indépendamment des difficultés et des fatigues des excursions lointaines, de l'insalubrité et de l'insécurité des régions à parcourir, la détermination des plantes fut souvent des plus pénibles, nécessitant de nombreuses correspondances et de fréquents voyages dans les centres scientifiques de la métropole et de l'étranger. Cependant, aucune de ces difficultés ne put arrêter MM. Battandier et Trabut dans la tâche qu'ils s'étaient imposée et qu'ils ont poursuivie avec une ténacité inlassable.

En même temps qu'ils rassemblent les documents bibliographiques indispensables, ils commencent par se familiariser avec la flore des environs d'Alger; puis ils étendent leurs recherches à tout le nord de la province. Les montagnes surtout les attirent par la richesse de leur végétation; certaines d'entre elles, comme les Beni Sahlah de Blida, le Zaccar de Miliana, la Mouzaïa, sont visitées plus de vingt fois et en toute saison. Il en est de même pour les monts du Titteri, Médéa et le Nador, Ben Chicao, Aumale et le Dira, Bou-Saada, Teniet-el-Haad et sa forêt, les monts de Boghar et l'Ouarsenis.

Des explorations multiples, organisées avec matériel de campement, pendant des périodes assez longues, leur permettent de parcourir toute la chaîne du Djurjura, la Kabylie et la région des Bibans. Puis vient le tour des Babors, des régions de Sétif, de Batna et de Lambèze, des monts Aurès, d'El Kantara, de Biskra et des Zibans.

En 1891, ils étudient le nord de la province de Constantine, de Bougie à

la Calle, et retournent à plusieurs reprises dans cette province où fort peu de points ont échappé à leurs investigations.

Plus tard, ils parcourent la province d'Oran depuis le littoral jusqu'à Colomb-Béchar, fouillant avec soin la région qui s'étend depuis Ténès et le Dahra jusqu'à Nemours, celle de Tlemcen et le cercle de Sebdou, la frontière du Maroc depuis Nemours jusqu'à El-Aricha, les régions de Figuig, Magenta, Saïda, Mascara, Tiaret, le plateau du Sersou, Frendah, Géryville, etc.

Le prolongement, jusqu'à Colomb-Béchar, de la ligne du chemin de fer d'Arzew à Aïn-Sefra leur fournit le moyen d'étudier minutieusement les contrées si intéressantes qu'elle traverse. D'ailleurs, la mer d'Alfa et le Sud oranais avaient de bonne heure attiré leur attention, et l'étude en fut commencée par le Dr Trabut au cours de son travail sur l'Alfa. L'une des expéditions les plus intéressantes des deux collaborateurs remonte à 1888 et fut suivie de plusieurs autres, en particulier sur les montagnes de la frontière marocaine, où, jusque-là, aucun botaniste n'avait encore osé s'aventurer.

Sans allonger davantage la liste des principales régions que MM. Battandier et Trabut ont parcourues en Algérie, nous ajouterons seulement qu'ils ont exploré aussi la Tunisie tout entière.

C'est à peine s'il existe aujourd'hui dans notre colonie de l'Afrique du Nord quelques espèces connues qu'ils n'aient pas récoltées sur place, et grand est le nombre des espèces nouvelles dont ils ont enrichi la flore de cette contrée. Presque tous les botanistes qui se sont adonnés plus spécialement à l'étude détaillée de certaines régions ont eu recours à eux pour la détermination de leurs récoltes ; souvent aussi leur connaissance approfondie de cette flore a été mise à profit par les explorateurs du Sahara et du pays des Touaregs, par un grand nombre d'officiers français de l'extrême sud de l'Algérie et, dans ces derniers temps, par les explorateurs du Maroc.

Les matériaux rassemblés par MM. Battandier et Trabut constituent la plus importante collection botanique du nord de l'Afrique. Elle leur a permis d'enrichir de beaucoup de types nouveaux l'herbier Cosson au Muséum national d'Histoire naturelle, l'herbier Boissier à Genève, l'herbier méditerranéen à Montpellier, ainsi que la plupart des grandes collections de l'Europe. Elle a en même temps servi de base aux Ouvrages suivants : *Flore d'Alger* (1884), *Flore et Atlas de la Flore de l'Algérie* (1886-1895), *Flore analytique et synoptique de l'Algérie et de la Tunisie* (1902), *Supplément aux Phanérogames de la Flore de l'Algérie* (1910), etc.

Outre ces travaux descriptifs, qui constituent l'inventaire botanique de

toutes les régions algériennes, on pourrait mentionner aussi beaucoup d'autres publications dans lesquelles les auteurs ont eu surtout en vue le côté pratique des études de ce genre. Sous ce rapport, leur livre intitulé *L'Algérie* (1898), où se trouve exposé tout ce qui concerne l'histoire naturelle de ce pays, est un Ouvrage de vulgarisation des plus intéressants.

Pour faire bénéficier l'agriculture algérienne de toutes les applications de la botanique, M. Trabut organisait, en 1893, près la Direction de l'Agriculture de la colonie, un Service spécial, comprenant une station de 12$^{\text{hes}}$ destinée à l'introduction des végétaux pouvant être utilisés en Algérie. Dans ce champ d'expériences, créé à Rouiba, l'étude des céréales, des plantes fourragères, des cultures maraîchères, fruitières et industrielles, a déjà donné des résultats pratiques nombreux et importants. Une nouvelle station ayant été organisée, en 1906, à Maison Carrée, la première fut dès lors affectée spécialement à la viticulture. Les études qui ont été entreprises, notamment sur les variétés et les méthodes rationnelles de culture des orangers, ont contribué à l'extension prise depuis quelques années par les orangeries en Algérie.

A la suite de la réorganisation des services agricoles de la Colonie, en 1914, des moyens d'action plus étendus et plus puissants ont été mis à la disposition du Service botanique, qui comprend aujourd'hui de nouveaux champs d'expériences dans la province de Constantine, dans celle d'Oran, et auxquels doit s'ajouter une station saharienne, décidée en principe, en vue d'augmenter la production des oasis et d'obtenir une meilleure exploitation des dattiers.

Les études des deux savants botanistes d'Alger ont ainsi contribué dans une large mesure aux progrès de l'Agriculture dans la Colonie. En présence de l'intérêt à la fois scientifique et pratique de leur œuvre commune, la Commission est unanime à proposer à l'Académie de décerner le prix Jérôme Ponti à MM. **Battandier** et **Trabut** pour l'ensemble de leurs travaux botaniques sur l'Afrique du Nord.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

## FONDATION HENRI BECQUEREL.

(Commissaires : MM. Jordan, d'Arsonval, Darboux, A. Lacroix, Émile Picard, Edmond Perrier.)

Les arrérages de la fondation ne sont pas attribués.

## FONDS BONAPARTE.

**Rapport** *de la Commission chargée de proposer, pour l'année* 1916, *la répartition du* Fonds Bonaparte.

(Commissaires : M. le Prince Bonaparte, membre de droit, et MM. Jordan, président de l'Académie, Darboux, Violle, Haller, A. Lacroix, Hamy, de Gramont; Gaston Bonnier, rapporteur.)

La Commission a eu à examiner treize demandes de subventions. Elle vous propose d'accorder :

1° Une somme de 4000fr à M. **Charles Alluaud**, voyageur-naturaliste du Muséum national d'Histoire naturelle, pour continuer la publication que le Dr R. Jeannel, actuellement au front, et M. Alluaud ont entreprise sur les résultats scientifiques de trois explorations (de 1903 à 1912) en Afrique orientale, dont l'ensemble exige une somme de plus de 18000fr;

2° Une somme de 2000fr à M. **Bondroit**, membre des Sociétés entomologiques de Belgique et de France, pour parcourir la France dans le but de recueillir les matériaux nécessaires à la constitution d'une faune des Fourmis françaises. Il n'existe encore aucun travail d'ensemble sur les Fourmis de France. Cette demande est appuyée par nos confrères MM. *Bouvier* et *Marchal;*

3° Une somme de 2500fr à M. **Pierre Lesage**, professeur à la Faculté des Sciences de Rennes, pour continuer ses expériences sur les végétaux de la zone littorale, et en particulier des recherches sur la Transmissibilité des caractères acquis par les plantes arrosées à l'eau salée. Des expériences, exécutées en 1915, ont ouvert à l'auteur des voies intéressantes qui l'ont conduit à modifier l'ensemble des installations, ce qui nécessite des frais assez considérables. Cette demande est appuyée par notre confrère M. *Gaston Bonnier;*

4° Une somme de 3000fr au **Touring-Club de France** pour contribuer à l'établissement du nouveau Jardin botanique du Lautaret (Hautes-Alpes).

Cette installation constituera non seulement un jardin modèle avec collection de plantes vivantes et *arboretum*, mais comprendra aussi un laboratoire alpin et un musée. En outre, des places d'essais, situées à diverses altitudes, à diverses expositions, sur des terrains de composition naturelle variée, seront annexées à cette installation. On expérimentera sur ces terrains les plantes fourragères pour la restauration des pelouses pastorales ainsi que pour la reconstitution du sol et le reboisement des régions élevées, et aussi pour la conservation de la flore alpestre;

5° Une somme de 3000$^{fr}$ à M. **Camille Sauvageau**, professeur à la Faculté des Sciences de Bordeaux, pour étendre aux espèces de Laminaires de la Méditerranée et de la Manche les remarquables découvertes de l'auteur sur la fécondation et le développement, faites sur l'unique espèce de Laminaire qui croît dans le golfe de Gascogne. Cette demande est appuyée par nos confrères MM. *Gaston Bonnier*, *Guignard* et *Mangin;*

6° Une somme de 2000$^{fr}$ à M. **Em. Vigouroux**, professeur à la Faculté des Sciences de Bordeaux, pour contribuer à l'achat des appareils qui lui sont utiles pour continuer ses intéressantes recherches sur l'état du silicium dissous dans les métaux. Cette demande est appuyée par notre confrère M. *Haller;*

7° Une somme de 2000$^{fr}$ à M. le D$^{r}$ **Raoul Bayeux**, secrétaire de la Société des Observatoires du Mont-Blanc, pour l'aider à continuer ses recherches sur les effets physiologiques et la thérapeutique des injections hypodermiques d'oxygène gazeux. L'auteur se propose d'étudier expérimentalement l'action de l'oxygénation hypodermique sur les réactions défensives de l'organisme contre l'asphyxie et contre les infections. Cette demande est appuyée par notre confrère M. *Roux;*

8° Une somme de 2000$^{fr}$ au père **Joseph Laïs**, astronome chargé de la Carte du Ciel à l'Observatoire du Vatican, en vue de contribuer à la dépense des photogravures relatives à la Carte photographique du Ciel, les cuivres de ces photogravures devant être remis, comme précédemment, à l'Observatoire de Paris, dont ils deviendront la propriété. Cette demande est appuyée par notre confrère M. *Baillaud*.

En résumé, la Commission vous propose l'emploi suivant des sommes mises à la disposition de l'Académie par la générosité de notre confrère le Prince Bonaparte :

| | |
|---|---|
| 1. M. Charles Alluaud | 4000fr |
| 2. M. Bondroit | 2000 |
| 3. M. Pierre Lesage | 2500 |
| 4. Touring-Club de France | 3000 |
| 5. M. Camille Sauvageau | 3000 |
| 6. M. E. Vigouroux | 2000 |
| 7. M. le Dr Raoul Bayeux | 2000 |
| 8. Le P. Joseph Laïs | 2000 |
| Soit un total de | 20500 |

A la suite de la distribution de 1915, il restait un reliquat de 25500fr.
La Commission avait donc à sa disposition une somme de 75500fr.
Si nos propositions sont acceptées, il restera en réserve une somme de 55000fr.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

## FONDATION LOUTREUIL.

### Rapport *du Conseil de la* Fondation Loutreuil.

(Commissaires : MM. Jordan, Darboux, A. Lacroix, Le Chatelier, le prince Bonaparte ; Émile Picard, rapporteur.)

Nous avons l'honneur de faire connaître à l'Académie les décisions du Conseil de la Fondation Loutreuil. On se rappelle que, conformément à la volonté du donateur, les demandes de subvention sont examinées d'abord par un Comité consultatif, et ensuite par un Conseil formé de *six* membres de l'Académie, qui reçoit les propositions du Comité et prend les décisions définitives.

Il a été décidé que les demandes seraient réparties en trois catégories. Nous allons indiquer les subventions accordées en nous reportant à cette classification.

I. — *Demandes des établissements désignés par le testament.*

1° *Muséum d'Histoire naturelle.* — 2000$^{fr}$ à M. le professeur **Louis Roule** pour la continuation de ses recherches sur les poissons migrateurs de nos eaux marines et douces, en particulier des Salmonidés.

10 000$^{fr}$ pour la remise en état du Laboratoire maritime de l'île de Tatihou à Saint-Vaast-La-Hougue; ce laboratoire a dès le début de la guerre été réquisitionné pour servir de camp de concentration, et une grande partie du matériel a été mise hors d'usage.

2° *Collège de France.* — 700$^{fr}$ à M. le professeur **E. Gley** afin de compléter l'installation frigorifique pour laquelle une allocation lui a été déjà donnée l'an dernier. Cette somme est destinée à couvrir la plus-value occasionnée par les circonstances actuelles.

4350$^{fr}$ à M. le professeur **Nageotte** pour l'acquisition d'appareils lui permettant de poursuivre ses études sur la régénération des nerfs, études susceptibles d'importantes applications chirurgicales.

4000$^{fr}$ à M. l'abbé **Rousselot** en vue de continuer et de développer les expériences commencées par lui sur le repérage des pièces d'artillerie par le son. Les appareils à construire seront d'ailleurs utiles au laboratoire de phonétique expérimentale du Collège de France.

3° *Conseil central des Observatoires.* — 15 000$^{fr}$ à l'Observatoire de Paris, pour l'amélioration des instruments d'astronomie appliqués à la détermination de l'heure. D'après l'expérience acquise, on peut affirmer que la poursuite de la précision du centième de seconde n'est pas chimérique. La subvention permettra de commander un instrument des passages du type des instruments de longitude, mais plus grand et aussi perfectionné qu'il sera possible.

1500$^{fr}$ à l'Observatoire de Marseille pour assurer la publication du *Journal des Observateurs*, journal astronomique nouvellement créé, ayant pour objet de faire connaître les éléments des orbites des petites planètes, ainsi que leurs éphémérides et les observations les concernant.

4° *École nationale vétérinaire d'Alfort.* — 7000$^{fr}$ à cette École pour l'achat d'un appareil à projections et à enregistrement cinématographiques, qui sera de grande utilité pour l'étude et la démonstration de divers mouvements à l'état normal ou pathologique.

5° *École nationale vétérinaire de Lyon.* — 850fr à M. le professeur **Charles Porcher** pour ses recherches sur le lait, nécessitant un réfractomètre de Féry et un appareil pour la mesure des résistances électriques.

800fr à M. le professeur **François Maignon** pour acheter une balance de précision et une petite presse hydraulique, afin de poursuivre ses recherches sur la nutrition.

6° *École nationale vétérinaire de Toulouse.* — 5000fr à cette École pour une installation radiologique destinée au diagnostic des maladies des animaux.

II. — *Demandes des établissements appelés au Comité consultatif par le Président de l'Académie.*

1° *Conservatoire des Arts et Métiers.* — 4000fr à M. le professeur **Louis Blaringhem**, pour la création d'une collection type de détermination et de classification des bois industriels employés dans l'industrie aéronautique, faisant connaître les divers éléments qui permettent de fixer la valeur commerciale d'un bois.

5000fr *conditionnellement* à M. le professeur **James Dantzer**, destinés à la création d'un laboratoire pour l'essai des textiles, fils et tissus divers, sous la condition expresse que l'Union des Syndicats patronaux de l'Industrie textile fournisse la même somme pour cette création.

2° *École nationale supérieure des Mines.* — 10 000fr à cette École pour améliorer l'installation de ses laboratoires, particulièrement en ce qui concerne la machine motrice.

3° *Institut catholique de Paris.* — 2000fr à M. **Henri Colin** pour l'achat d'appareils ne faisant pas partie du matériel ordinaire d'un laboratoire de Botanique (tubes à gaz carbonique, détendeurs et manomètres de haute précision, étuves pour culture), afin de continuer ses recherches sur les conditions de destruction de divers bacilles.

2000fr à M. **Jules Hamonet**, destinés à l'acquisition d'appareils qui serviront à déterminer les constantes physiques et en particulier les indices de réfraction des corps nouveaux qu'il a découverts dans le groupe des glycols.

III. — *Demandes diverses directement adressées.*

1° 10 000$^{fr}$ à M. **Jules Garçon**, directeur de l'Association de Documentation bibliographique, pour la constitution de bibliographies de bibliographes, sous la condition expresse qu'une partie de cette somme soit employée à faciliter la confection de l'inventaire des périodiques scientifiques contenus dans les bibliothèques de Paris, entrepris par l'Académie.

2° 3000$^{fr}$ à M. **Guillaume Bigourdan** pour la construction d'un comparateur angulaire céleste permettant de mesurer la variation que peut offrir dans un court intervalle de temps la distance angulaire de deux astres.

3° 3000$^{fr}$ à M. **Henry Bourget** pour des recherches relatives à la Photométrie astronomique (éclat du ciel étoilé, lumière zodiacale, photométrie stellaire).

4° 2000$^{fr}$ à M. le professeur **A. Colson** pour continuer ses recherches sur la constitution de la particule dissoute et soumettre au contrôle des mesures thermochimiques les théories relatives aux dissolutions électrolytiques.

5° 7000$^{fr}$ à M. **Augustin Mesnager** pour l'amélioration de l'outillage du laboratoire d'essais de matériaux qu'il dirige à l'École des Ponts et Chaussées, et en particulier pour l'étude de l'action simultanée de deux efforts perpendiculaires sur un même corps, question de grande importance dans les constructions en béton armé.

6° 2000$^{fr}$ à M. **Jules Glover** pour continuer ses recherches sur la *téléphonie solidienne*, permettant l'usage de la téléphonie dans le bruit de la bataille, et applicable aussi à l'auscultation et à l'exploration clinique à distance.

7° 7000$^{fr}$ à M. le professeur **Louis Joubin** pour terminer la publication des études relatives aux matériaux recueillis dans la seconde campagne antarctique de M. Jean Charcot. Il y a un intérêt national à ce que cette importante publication puisse être achevée.

8° 5000$^{fr}$ à la Société de Documentation paléontologique; cette Société a été fondée dans le but de fournir aux paléontologistes l'instrument de documentation qui leur manque, et qui, dans l'état actuel de la Science, est devenu indispensable pour leurs travaux.

9° 2000fr à M. **J.-M.-R. Surcouf** pour aider à la publication de l'Ouvrage où il étudie la systématique et les mœurs des Diptères de la famille des Tabanides (Taons), animaux offrant le plus grand intérêt scientifique et pratique, puisqu'ils sont capables de transmettre à l'homme et aux animaux les virus microbiens.

Les subventions accordées s'élèvent à 115200fr. Nous en donnons la récapitulation dans le Tableau ci-dessous :

*Récapitulation des subventions accordées.*

| | fr |
|---|---|
| M. Louis Roule | 2 000 |
| Laboratoire maritime de Tatihou | 10 000 |
| M. Gley | 700 |
| M. Nageotte | 4 350 |
| M. l'abbé Rousselot | 4 000 |
| Observatoire de Paris | 15 000 |
| Observatoire de Marseille | 1 500 |
| École nationale vétérinaire d'Alfort | 7 000 |
| M. Porcher | 850 |
| M. Maignon | 800 |
| École nationale vétérinaire de Toulouse | 5 000 |
| M. Louis Blaringhem | 4 000 |
| M. Dantzer (1) | 5 000 |
| École nationale supérieure des Mines | 10 000 |
| M. Colin | 2 000 |
| M. Hamonet | 2 000 |
| M. Jules Garçon (2) | 10 000 |
| M. Bigourdan | 3 000 |
| M. Bourget | 3 000 |
| M. Colson | 2 000 |
| M. Mesnager | 7 000 |
| M. Jules Glover | 2 000 |
| M. L. Joubin (Mission Charcot) | 7 000 |
| Société de Documentation paléontologique | 5 000 |
| M. Surcouf | 2 000 |
| Total | 115 200 |

(1) Sous la condition expresse que l'Union des Syndicats patronaux de l'Industrie textile fournisse une somme égale pour la création d'un laboratoire d'essai des textiles, fils et tissus divers, au Conservatoire national des Arts et Métiers.

(2) Sous la condition expresse qu'une partie de cette somme soit employée à faciliter la confection de l'inventaire des périodiques scientifiques contenus dans les bibliothèques de Paris, entrepris par l'Académie.

# PROGRAMME DES FONDATIONS [1]

## POUR LES ANNÉES 1918, 1919, 1920, 1921... [2].

NOTA. — *Les parties du texte ci-dessous qui sont imprimées en italiques sont extraites littéralement des actes originaux.*

## MATHÉMATIQUES.

### PRIX PONCELET (2000 fr.)

1868 [3].

Prix annuel *destiné à récompenser l'auteur, français ou étranger, du travail le plus utile pour le progrès des mathématiques pures ou appliquées.*

Le lauréat reçoit, en outre du montant du prix, un exemplaire des œuvres complètes du général Poncelet.

L'Académie décerne ce prix alternativement sur le rapport de la commission des prix de mathématiques — il en sera ainsi en 1918 — et sur celui de la commission des prix de mécanique — il en sera ainsi en 1919.

---

(1) Pour plus ample informé, consulter : *Les fondations de prix à l'Académie des Sciences* (1714-1880), par ERNEST MAINDRON; Paris, Gauthier-Villars, 1881; et *Les fondations de l'Académie des Sciences* (1881-1915), par PIERRE GAUJA (*sous presse*).

(2) Les concours de 1917 étant clos le 31 décembre 1916, la liste des prix proposés pour 1917, publiée dans le précédent programme, n'est pas reproduite.

(3) La date ainsi indiquée pour chaque fondation est celle de l'acte initial : testament, donation, etc.

## PRIX FRANCOEUR (1000 fr.)

1882.

*Prix annuel de mille francs, qui sera décerné, par l'Académie des Sciences, à l'auteur de découvertes ou de travaux utiles au progrès des sciences mathématiques pures ou appliquées.*

*Le lauréat sera choisi de préférence parmi de jeunes savants dont la situation n'est pas encore assurée, ou parmi des géomètres dont la vie, consacrée à la science, n'aurait pas suffisamment assuré le repos et l'aisance de leur existence.*

# MÉCANIQUE.

## PRIX MONTYON (700 fr.)

1819.

Prix annuel *en faveur de celui qui s'en sera rendu le plus digne en inventant ou en perfectionnant des instruments utiles au progrès de l'agriculture, des arts mécaniques et des sciences pratiques et spéculatives.*

## PRIX FOURNEYRON (1000 fr.)

1867.

Prix biennal de *mécanique appliquée.*

Question posée pour 1918 :

*Étude théorique et expérimentale des roulements à billes.*

Question posée pour 1916 et reportée à 1918 :

*Le prix sera décerné à l'auteur des perfectionnements les plus importants apportés aux moteurs des appareils d'aviation.*

## PRIX PONCELET (2000 fr.)

1868.

Prix annuel *destiné à récompenser l'auteur, français ou étranger, du travail le plus utile pour le progrès des mathématiques pures ou appliquées.*

Le lauréat reçoit, en outre du montant du prix, un exemplaire des œuvres complètes du général Poncelet.

L'Académie décerne ce prix alternativement sur le rapport de la commission des prix de mathématiques — il en sera ainsi en 1918 — et sur celui de la commission des prix de mécanique — il en sera ainsi en 1919.

## PRIX BOILEAU (1300 fr.)

1882.

*Prix triennal* à décerner, s'il y a lieu, en 1918, *pour des recherches concernant les mouvements des fluides, recherches n'ayant pas encore été l'objet d'un prix, et qui seront jugées suffisantes pour contribuer au progrès de l'hydraulique; les recherches, si elles sont théoriques, devront avoir été vérifiées par des résultats d'expérience ou d'observation.*

## PRIX HENRI DE PARVILLE (1500 fr.)

1891.

Prix annuel alternatif, *destiné à récompenser des travaux originaux de physique ou de mécanique.*

Le prix sera attribué, en 1918, à des travaux de mécanique et, en 1919, à des travaux originaux de physique.

## PRIX PIERSON-PERRIN (5000 fr.)

1898.

Prix décerné, *chaque deux ans, au Français qui aura fait la plus belle découverte physique, telle par exemple que la direction des ballons.*

Il est attribué alternativement sur la proposition de la commission des prix de mécanique — il en sera ainsi en 1921 — et sur la proposition de la commission des prix de physique — il en sera ainsi en 1919.

## ASTRONOMIE.

### PRIX LALANDE (540 fr.)

1802.

Prix annuel, qui consiste en une médaille d'or ou la valeur de cette médaille, *à donner à la personne qui, en France ou ailleurs (les seuls membres résidents de l'Institut exceptés), aura fait l'observation la plus intéressante ou le mémoire le plus utile au progrès de l'astronomie.*

*Dans le cas où il n'aurait été ni fait aucune observation assez remarquable, ni présenté aucun mémoire assez important pour mériter le prix, celui-ci pourra être donné, comme encouragement, à quelque élève qui aura fait preuve de zèle pour l'astronomie.*

### PRIX DAMOISEAU (2000 fr.)

1863.

Prix triennal sur question posée.

Une question sera proposée ultérieurement, s'il y a lieu, pour 1920.

### PRIX BENJAMIN VALZ (460 fr.)

1874.

Prix annuel destiné *à récompenser des travaux sur l'astronomie, conformément au prix Lalande.*

### PRIX JANSSEN (Médaille d'or)

1886.

Prix biennal, à décerner, s'il y a lieu, en 1918, *à la personne qui, en France ou à l'étranger (les membres de l'Institut exceptés), sera l'auteur*

*d'un travail ou d'une découverte faisant faire un progrès direct à l'astronomie physique.*

## PRIX PIERRE GUZMAN (100000 fr.)

1889.

*Ce prix sera donné, sans exclusion de nationalité, à celui qui trouvera le moyen de communiquer avec un astre, c'est-à-dire faire un signe à un astre et recevoir réponse à ce signe. — J'exclus,* a spécifié la fondatrice, *la planète Mars, qui paraît suffisamment connue.*

*Tant que la solution demandée ne sera pas obtenue, les intérêts seront cumulés pendant cinq années et formeront un prix décerné à un savant, français ou étranger, qui aura fait faire un progrès réel et sérieux, soit dans la connaissance intime des planètes de notre système solaire, soit dans les relations des planètes de ce système avec la Terre, au moyen d'instruments de physique ou d'optique plus perfectionnés, ou par tout autre mode d'inspection ou d'investigation.* — Ce prix quinquennal sera décerné, s'il y a lieu, en 1920.

## PRIX G. DE PONTÉCOULANT (700 fr.)

1901.

Prix biennal destiné *à encourager les recherches de mécanique céleste.* Il sera décerné, s'il y a lieu, en 1919.

---

# GÉOGRAPHIE.

---

## PRIX DELALANDE-GUÉRINEAU (1000 fr.)

1872.

Prix biennal à décerner, s'il y a lieu, en 1918, *au voyageur français ou au savant qui, l'un ou l'autre, aura rendu le plus de services à la France ou à la science.*

## PRIX GAY (1500 fr.)

1873.

*Prix annuel de géographie physique*, décerné *conformément au programme donné par la commission nommée à cet effet.*

Question posée pour 1918 :

*Progrès les plus récents introduits dans la géodésie.*

Question posée pour 1919 :

*Étude sur la géographie physique de l'Afrique du Nord et principalement de la Mauritanie.*

## FONDATION TCHIHATCHEF (3000 fr.)

1895.

Fondation dont les arrérages sont destinés *à offrir annuellement une récompense ou une assistance aux naturalistes de toute nationalité qui se seront le plus distingués dans l'exploration du continent asiatique ou des îles limitrophes, notamment des régions les moins connues, et, en conséquence, à l'exclusion des contrées suivantes : Indes britanniques, Sibérie proprement dite, Asie Mineure et Syrie, régions déjà plus ou moins explorées.*

*Les explorations devront avoir pour objet une branche quelconque des sciences naturelles, physiques ou mathématiques ; seront exclus les travaux ayant rapport aux autres sciences, telles que : archéologie, histoire, ethnographie, philologie, etc.*

*Il est bien entendu que les travaux récompensés ou encouragés devront être le fruit d'observations faites sur les lieux mêmes, et non des œuvres de simple érudition.*

## PRIX BINOUX (2000 fr.)

1889.

Prix biennal, à décerner, s'il y a lieu, en 1918, et destiné à récompenser l'auteur de travaux sur la géographie ou la navigation.

## NAVIGATION.

### PRIX DE SIX MILLE FRANCS,

DESTINÉ A RÉCOMPENSER TOUT PROGRÈS DE NATURE A ACCROITRE L'EFFICACITÉ DE NOS FORCES NAVALES.

1834.

Prix annuel, décerné par l'Académie et inscrit au budget de la Marine.

### PRIX PLUMEY (4000 fr.)

1859.

Prix annuel, destiné à récompenser *l'auteur du perfectionnement des machines à vapeur ou de toute autre invention qui aura le plus contribué aux progrès de la navigation à vapeur.*

## PHYSIQUE.

### PRIX L. LA CAZE (10000 fr.)

1865.

Prix biennal à décerner, s'il y a lieu, en 1918, *pour le meilleur travail sur la physique. Les étrangers pourront concourir. La somme ne sera pas partageable et sera donnée en totalité à l'auteur qui en aura été jugé digne.*

### PRIX KASTNER-BOURSAULT (2000 fr.)

1880.

Chaque année, un prix Kastner-Boursault est décerné par l'une des Académies française, des Beaux-Arts et des Sciences, à tour de rôle.

L'Académie des Sciences *décernera le prix*, en 1919, *à l'auteur du meilleur travail sur les applications diverses de l'électricité dans les arts, l'industrie et le commerce;* elle a la liberté *de mettre d'autres sujets au concours pour ce prix*, mais la donatrice a formé *le vœu qu'elle le consacre plus particulièrement à des ouvrages sur l'électricité.*

## PRIX GASTON PLANTÉ (3000 fr.)

1889.

*Prix, décerné tous les deux ans* — il le sera, s'il y a lieu, en 1919 — *à l'auteur français d'une découverte, d'une invention ou d'un travail important dans le domaine de l'électricité.*

## PRIX HÉBERT (1000 fr.)

1891.

*Prix annuel, destiné à récompenser l'auteur du meilleur traité ou de la plus utile découverte pour la vulgarisation et l'emploi pratique de l'électricité.*

## PRIX HENRI DE PARVILLE (1500 fr.)

1891.

Prix annuel alternatif, *destiné à récompenser des travaux originaux de physique ou de mécanique.*

Le prix sera attribué, en 1919, à des travaux originaux de physique et, en 1918, à des travaux originaux de mécanique.

## PRIX HUGHES (2500 fr.)

1893.

Prix annuel destiné à *récompenser l'auteur d'une découverte originale dans les sciences physiques, spécialement l'électricité et le magnétisme ou leurs applications.*

## PRIX PIERSON-PERRIN (5000 fr.)

1898.

Prix décerné, *chaque deux ans, au Français qui aura fait la plus belle découverte physique, telle, par exemple, que la direction des ballons.*

Il est attribué alternativement, sur la proposition de la commission des prix de mécanique — il en sera ainsi en 1921 — et sur la proposition de la commission des prix de physique — il en sera ainsi en 1919.

## FONDATION DANTON (1500 fr.)

1903.

Le revenu accumulé de cette fondation est utilisé tous les cinq ans — il le sera, s'il y a lieu, en 1918 — à encourager les recherches relatives *aux phénomènes radiants.*

## PRIX VICTOR RAULIN (1500 fr.)

1905.

Ce prix annuel alternatif est *spécialement destiné à des Français et a pour but de faciliter la publication de travaux relatifs aux sciences naturelles suivantes :* 1° *géologie et paléontologie* (tous les deux ans); 2° *minéralogie et pétrographie* (tous les quatre ans); 3° *météorologie et physique du globe* (tous les quatre ans).

L'Académie décernera ce prix, s'il y a lieu, en 1918, à des travaux de météorologie et physique du globe.

*Il sera attribué au travail, manuscrit ou imprimé depuis l'attribution du prix à un travail sur la même branche, qui sera jugé le plus digne, et ne sera délivré à l'attributaire qu'après la remise par lui à l'Académie d'un exemplaire imprimé (textes et planches); si le travail primé était manuscrit au moment de l'attribution du prix, l'édition portera dans son titre la mention : « Académie des Sciences. — Prix Victor Raulin. »*

## CHIMIE.

### PRIX MONTYON DES ARTS INSALUBRES

1819.

**Un prix de 2500 fr. et une mention de 1500 fr.**

*Prix annuel à celui qui découvrira les moyens de rendre quelque art mécanique moins malsain.*

### PRIX JECKER (10000 fr.)

1851.

Prix annuel destiné *à récompenser l'auteur de l'ouvrage le plus utile sur la chimie organique*, ou, à défaut, l'auteur des travaux les plus propres à hâter les progrès de la chimie organique.

### PRIX L. LA CAZE (10000 fr.)

1865.

Prix biennal à décerner, s'il y a lieu, en 1918, *pour le meilleur travail sur la chimie. Les étrangers pourront concourir. La somme ne sera pas partageable et sera donnée en totalité à l'auteur qui en aura été jugé digne.*

### FONDATION CAHOURS (3000 fr.)

1886.

Le revenu de cette fondation est *distribué, chaque année, à titre d'encouragement, à des jeunes gens qui se sont déjà fait connaître par quelques travaux intéressants et, plus particulièrement, par des recherches de chimie.*

### PRIX BERTHELOT (500 fr.)

1906.

Prix décerné tous les quatre ans — il le sera, s'il y a lieu, en 1921 — *à des recherches de synthèse chimique.*

### PRIX HOUZEAU (700 fr.)

1904.

Prix annuel *institué en faveur d'un jeune chimiste méritant.*

## MINÉRALOGIE ET GÉOLOGIE.

### PRIX CUVIER (1500 fr.)

1839.

Prix annuel, *accordé à l'ouvrage le plus remarquable en histoire naturelle soit sur le règne animal, soit sur la géologie.*

L'Académie le décerne, deux années consécutives sur le rapport de la commission des prix d'anatomie et zoologie — il en sera ainsi en 1919 et 1920 — et la troisième année sur le rapport de la commission des prix de minéralogie et géologie — il en sera ainsi en 1918.

### PRIX DELESSE (1400 fr.)

1883.

Prix à décerner *tous les deux ans* — il le sera, s'il y a lieu, en 1919 — *à l'auteur français ou étranger d'un travail concernant les sciences géologiques ou, à défaut, d'un travail concernant les sciences minéralogiques. Il pourra être partagé entre plusieurs savants.*

*S'il n'y avait pas lieu de décerner le prix, l'Académie pourrait en employer la valeur en encouragements pour des travaux concernant également les sciences géologiques ou, à défaut, les sciences minéralogiques.*

### PRIX FONTANNES (2000 fr.)

1883.

Prix triennal à décerner, s'il y a lieu, en 1920, *à l'auteur de la meilleure publication paléontologique.*

## PRIX VICTOR RAULIN (1500 fr.)

1905.

Ce prix annuel alternatif est *spécialement destiné à des Français et a pour but de faciliter la publication de travaux relatifs aux sciences naturelles suivantes* : 1° *géologie et paléontologie* (tous les deux ans); 2° *minéralogie et pétrographie* (tous les quatre ans); 3° *météorologie et physique du globe* (tous les quatre ans).

L'Académie décernera ce prix, s'il y a lieu, en 1920, à des travaux de minéralogie et de pétrographie et, en 1921, à des travaux de géologie et paléontologie.

*Il sera attribué au travail, manuscrit ou imprimé depuis l'attribution du prix à un travail sur la même branche, qui sera jugé le plus digne, et ne sera délivré à l'attributaire qu'après la remise par lui à l'Académie d'un exemplaire imprimé (textes et planches); si le travail primé était manuscrit au moment de l'attribution du prix, l'édition portera, dans son titre, la mention : « Académie des Sciences. — Prix Victor Raulin. »*

## PRIX JOSEPH LABBÉ (1000 fr.)

1908.

Prix biennal, à décerner, s'il y a lieu, en 1919, fondé conjointement par la Société des Aciéries de Longwy et par la Société anonyme métallurgique de Gorcy, et destiné *à récompenser les auteurs de travaux géologiques ou de recherches ayant efficacement contribué à mettre en valeur les richesses minières de la France, de ses colonies et de ses protectorats, ou, à défaut de titulaire pour l'objet indiqué, à récompenser l'auteur de tout travail fait dans l'intérêt général.*

## PRIX JAMES HALL (700 fr.)

1911.

Prix quinquennal à décerner, s'il y a lieu, en 1922, *destiné à récompenser la meilleure thèse doctorale de géologie passée au cours de cette période de cinq ans.*

## BOTANIQUE.

### PRIX DESMAZIÈRES (1600 fr.)

1855.

Prix annuel *accordé à l'auteur français ou étranger du meilleur ou du plus utile écrit, publié dans l'année précédente, sur tout ou partie de la cryptogamie.*

### PRIX MONTAGNE (1500 fr.)

1862.

L'Académie décerne, chaque année, s'il y a lieu, un prix de 1500 fr. ou deux prix, l'un de 1000 fr. et l'autre de 500 fr., *à l'auteur ou aux auteurs de découvertes ou de travaux importants sur les végétaux cellulaires.*

### PRIX JEAN THORE (200 fr.)

1863.

Prix *à décerner, chaque année, au nom de Jean Thore, médecin et botaniste, à l'auteur du meilleur mémoire sur les algues fluviatiles ou marines d'Europe, ou sur les mousses, ou sur les lichens, ou sur les champignons d'Europe, ou sur les mœurs ou l'anatomie d'une espèce des insectes d'Europe.*

Il est attribué alternativement sur le rapport de la commission des prix de botanique — il en sera ainsi en 1919 — et sur celui de la commission des prix d'anatomie et zoologie — il en sera ainsi en 1918.

### PRIX DE LA FONS MÉLICOCQ (900 fr.)

1864.

Prix à décerner *tous les trois ans* — il le sera, s'il y a lieu, en 1919 — *au meilleur ouvrage de botanique sur le nord de la France, c'est-à-dire sur les départements du Nord, du Pas-de-Calais, des Ardennes, de la Somme, de l'Oise et de l'Aisne.*

PRIX DE COINCY (900 fr.)

1903.

Prix annuel donné *à l'auteur d'un ouvrage de phanérogamie, écrit en latin ou en français.*

PRIX JEAN DE RUFZ DE LAVISON (500 fr.)

1912.

Prix *à distribuer tous les deux ans* — il le sera, s'il y a lieu, en 1919 — *et destiné à récompenser des travaux de physiologie végétale.*

*Le prix ne pourra être partagé; il devra, autant que possible, être décerné au cours des années impaires et ne pourra être attribué qu'à un Français.*

## ÉCONOMIE RURALE.

PRIX BIGOT DE MOROGUES (2000 fr.)

1834.

Prix décennal à décerner, s'il y a lieu, en 1923, et réservé à l'auteur de l'*ouvrage qui aura fait faire le plus de progrès à l'agriculture en France.*

## ANATOMIE ET ZOOLOGIE.

PRIX CUVIER (1500 fr.)

1839.

Prix annuel, *accordé à l'ouvrage le plus remarquable en histoire naturelle, soit sur le règne animal, soit sur la géologie.*

L'Académie le décerne, deux années consécutives sur le rapport de la commission des prix d'anatomie et zoologie — il en sera ainsi en 1919 et 1920 — et la troisième année sur le rapport de la commission des prix de géologie — il en sera ainsi en 1918.

## PRIX DA GAMA MACHADO (1200 fr.)

1852.

Prix triennal, à décerner, s'il y a lieu, en 1918, et destiné *à récompenser les meilleurs mémoires écrits sur la coloration des robes des animaux, inclusivement l'homme, et sur la semence dans le règne animal.*

## FONDATION SAVIGNY (1500 fr.)

1856.

Le revenu de cette fondation doit *être employé à aider les jeunes zoologistes voyageurs qui ne recevront pas de subventions du gouvernement et qui s'occuperont plus spécialement des animaux sans vertèbres de l'Égypte et de la Syrie, qui voudraient publier leur ouvrage et se trouveraient, en quelque sorte, les continuateurs des recherches faites par M. Jules-César Savigny sur ces contrées.*

## PRIX JEAN THORE (200 fr.)

1863.

Prix *à décerner, chaque année, au nom de Jean Thore, médecin et botaniste, à l'auteur du meilleur mémoire sur les algues fluviatiles ou marines d'Europe, ou sur les mousses, ou sur les lichens, ou sur les champignons d'Europe, ou sur les mœurs ou l'anatomie d'une espèce des insectes d'Europe.*

Il est attribué alternativement sur le rapport de la commission des prix de botanique — il en sera ainsi en 1919 — et sur celui de la commission des prix d'anatomie et zoologie — il en sera ainsi en 1918.

## MÉDECINE ET CHIRURGIE.

### PRIX MONTYON

1819.

Trois prix de 2500 fr.
Trois mentions honorables de 1500 fr.
Citations.

*Prix annuels en faveur de qui aura trouvé dans l'année un moyen de perfectionnement de la science médicale ou de l'art chirurgical.*

### PRIX BARBIER (2000 fr.)

1832.

Prix annuel *pour celui qui fera une découverte précieuse pour la science chirurgicale, médicale, pharmaceutique et dans la botanique ayant rapport à l'art de guérir.*

### PRIX BRÉANT (100000 fr.)

1849.

*Prix de cent mille francs à celui qui aura trouvé le moyen de guérir du choléra asiatique ou qui aura découvert les causes de ce terrible fléau.*

*Jusqu'à ce que ce prix* (100 000 fr.) *soit gagné*, l'intérêt sera donné en prix *à la personne qui aura fait avancer la science sur la question du choléra ou de toute autre maladie épidémique. Ce prix annuel, formé des intérêts du capital, pourra être gagné par celui qui indiquera le moyen de guérir radicalement les dartres ou ce qui les occasionne.*

### PRIX GODARD (1000 fr.)

1862.

*Prix qui, chaque année, sera donné au meilleur mémoire sur l'anatomie, la physiologie et la pathologie des organes génito-urinaires.*

## PRIX CHAUSSIER (10000 fr.)

1863.

Prix à décerner tous les quatre ans — il le sera, s'il y a lieu, en 1919 — pour *le meilleur livre ou mémoire qui aura paru pendant ce temps et fait avancer la médecine, soit sur la médecine légale, soit sur la médecine pratique.*

## PRIX MÈGE (10000 fr.)

1869.

Prix unique *à donner à l'auteur qui aura continué et complété l'essai* du docteur Mège *sur les causes qui ont retardé ou favorisé les progrès de la médecine, depuis la plus haute antiquité jusqu'à nos jours.*

*L'Académie des Sciences pourra disposer en encouragement des intérêts de la somme, jusqu'à ce qu'elle pense devoir décerner le prix.*

## PRIX DUSGATE (2500 fr.)

1872.

Prix *quinquennal à délivrer*, s'il y a lieu, en 1920, *à l'auteur du meilleur ouvrage sur les signes diagnostiques de la mort, et sur les moyens de prévenir les inhumations précipitées.*

## PRIX BELLION (1400 fr.)

1881.

*Prix annuels à décerner aux savants qui auront écrit des ouvrages ou fait des découvertes surtout profitables à la santé de l'homme ou à l'amélioration de l'espèce humaine.*

## PRIX DU BARON LARREY (750 fr.)

1896.

*Prix annuel décerné à un médecin ou à un chirurgien des armées de terre ou de mer pour le meilleur ouvrage, présenté à l'Académie au cours de l'année, et traitant un sujet de médecine, de chirurgie ou d'hygiène militaire.*

PRIX ARGUT (1200 fr.)

1902.

Prix biennal à décerner, s'il y a lieu, en 1919, *au savant qui aura fait une découverte permettant de guérir, par la médecine, une maladie ne pouvant, jusqu'alors, être traitée que par la chirurgie et agrandissant ainsi le domaine de la médecine.*

---

## PHYSIOLOGIE.

PRIX MONTYON (750 fr.)

1818.

Prix annuel *pour l'ouvrage le plus utile sur la physiologie expérimentale.*

PRIX LALLEMAND (1800 fr.)

1852.

Prix annuel destiné *à récompenser ou encourager des travaux relatifs au système nerveux, dans la plus large acception des mots.*

PRIX L. LA CAZE (10000 fr.)

1865.

Prix biennal, à décerner, s'il y a lieu, en 1918, *à l'auteur de l'ouvrage qui aura le plus contribué aux progrès de la physiologie. Les étrangers pourront concourir. Le prix ne sera pas partageable entre plusieurs.*

## PRIX POURAT (1000 fr.)

1876.

Prix annuel *sur une question de physiologie à l'ordre du jour, laquelle question sera proposée soit par le Président, soit par un membre de la section de physiologie.*

Question posée pour 1918 :

*Étude expérimentale de quelques-unes des conditions qui font varier la quantité d'eau des différents tissus.*

A partir de 1919, le prix ne sera pas décerné tant que le revenu de la fondation ne sera pas suffisant pour porter la valeur du prix à 2000 fr., conformément au désir exprimé par le fondateur.

## PRIX MARTIN-DAMOURETTE (1400 fr.)

1883.

*Prix biennal de physiologie thérapeutique.* Il sera décerné, s'il y a lieu, en 1918.

## PRIX PHILIPEAUX (900 fr.)

1888.

*Prix annuel de physiologie expérimentale.*

## PRIX FANNY EMDEN (3000 fr.)

1910.

Prix biennal, à décerner, s'il y a lieu, en 1919, et destiné, par sa fondatrice, M^lle^ Juliette de Reinach, à récompenser *le meilleur travail traitant de l'hypnotisme, de la suggestion et en général des actions physiologiques qui pourraient être exercées à distance sur l'organisme animal.*

## STATISTIQUE.

### PRIX MONTYON

1817.

Un prix de 1000 fr.
Deux mentions de 500 fr.

Prix annuel *destiné aux recherches statistiques de toute nature.*

## HISTOIRE ET PHILOSOPHIE DES SCIENCES.

### PRIX BINOUX (2000 fr.)

1889.

Prix annuel destiné à récompenser l'auteur de travaux sur l'histoire et la philosophie des sciences.

## MÉDAILLES.

### MÉDAILLE ARAGO

1887.

Cette médaille est décernée par l'Académie chaque fois qu'une découverte, un travail ou un service rendu à la science lui paraît digne de ce témoignage de haute estime.

## MÉDAILLE LAVOISIER

1900.

Cette médaille est décernée par l'Académie tout entière, comme cela a lieu pour la médaille Arago, aux époques que son Bureau juge opportunes, aux savants qui ont rendu à la chimie des services éminents, sans distinction de nationalité.

## MÉDAILLE BERTHELOT

1902.

Chaque année, sur la proposition de son Bureau, l'Académie décerne un certain nombre de médailles Berthelot aux savants qui ont obtenu, cette année-là, des prix de chimie; à chaque médaille est joint un exemplaire de l'ouvrage intitulé : *La Synthèse chimique*.

---

# PRIX GÉNÉRAUX.

---

## PRIX FONDÉ PAR L'ÉTAT (3000 fr.)

1795.

Prix annuel, institué par la Convention nationale (loi du 3 brumaire an IV sur l'organisation de l'Instruction publique) et inscrit au budget de l'État.

L'Académie le décerne au concours sur des questions choisies par elle d'après les propositions d'une commission prise alternativement dans la division des Sciences mathématiques (le prix porte alors le nom de Grand prix des Sciences mathématiques) et dans la division des Sciences physiques (le prix porte alors le nom de Grand prix des Sciences physiques).

1° Grand prix des Sciences mathématiques. — L'*itération* d'une substitution

à une ou plusieurs variables, c'est-à-dire la construction d'un système de points successifs $P_1, P_2, \ldots, P_n, \ldots$, dont chacun se déduit du précédent par une même opération donnée :

$$P_n = \varphi(P_{n-1}) \quad (n = 1, 2, \ldots, \infty)$$

($\varphi$ dépendant rationnellement, par exemple, du point $P_{n-1}$) et dont le premier $P_0$ est également donné, intervient dans plusieurs théories classiques et dans quelques-uns des plus célèbres mémoires de Poincaré.

Jusqu'ici les travaux bien connus consacrés à cette étude concernent surtout le point de vue « local ».

L'Académie estime qu'il y aurait intérêt à passer de là à l'examen du domaine entier des valeurs que peuvent prendre les variables. Dans cet esprit, elle met au concours, pour l'année 1918, la question suivante :

*Perfectionner en un point important l'étude des puissances successives d'une même substitution, l'exposant de la puissance augmentant indéfiniment.*

*On considérera l'influence du choix de l'élément initial* $P_0$, *la substitution étant donnée, et l'on pourra se borner aux cas les plus simples, tels que les substitutions rationnelles à une variable.*

2° Grand prix des Sciences physiques.

Question posée pour 1919 :

*Recherches sur les migrations géographiques et bathymétriques des poissons et sur les conditions qui les régissent.*

## PRIX ALHUMBERT (1000 fr.)

1817.

Prix quinquennal, fondé *pour les progrès des sciences* et décerné à des mémoires sur des questions particulières propres à compléter l'ensemble de nos connaissances.

Ces questions sont choisies par l'Académie alternativement dans le ressort de la division des Sciences mathématiques — il en sera ainsi pour 1927 — et dans celui de la division des Sciences physiques — il en sera ainsi pour 1922.

## PRIX BORDIN (3000 fr.)

1835.

Prix annuel sur questions posées.

*Les sujets mis au concours auront toujours pour but l'intérêt public, le bien de l'humanité, les progrès de la science et l'honneur national.* Ils sont choisis par l'Académie sur la proposition de commissions prises alternativement parmi les membres de la division des Sciences mathématiques — il en est ainsi pour 1919 — et parmi ceux de la division des Sciences physiques — il en est ainsi pour 1918.

Question posée pour 1918 :

*Étudier les effets de la pression sur les combinaisons chimiques en général et en particulier sur celles qui sont susceptibles d'une application pratique.*

Question posée pour 1919 :

*Dans la théorie des intégrales de différentielles totales de troisième espèce et des intégrales doubles relatives à une fonction algébrique de deux variables indépendantes, on a démontré l'existence de certains nombres entiers, dont la valeur est difficile à obtenir et peut dépendre de la nature arithmétique des coefficients de l'équation de la surface correspondant à la fonction.*

*L'Académie demande une étude approfondie de ces nombres dans des cas particuliers étendus.*

## PRIX SERRES (7500 fr.)

1868.

Prix triennal à décerner, s'il y a lieu, en 1920, *sur l'embryologie générale appliquée autant que possible à la physiologie et à la médecine.*

## PRIX THEURLOT

1868.

Fondation constituée par un capital de *cinquante mille francs, dont le revenu capitalisé sera attribué, au bout d'une période qui ne pourra jamais être moindre de vingt-cinq ans, à celui des constructeurs d'instruments de précision qui aura rendu à la science et aux savants les plus grands services par l'ingéniosité de ses inventions.*

La première période de vingt-cinq ans se terminera en 1929.

## PRIX VAILLANT

1872.

Le maréchal Vaillant, au moyen du legs qu'il a fait à l'Académie, a voulu *fonder un prix qui sera accordé par elle, soit annuellement, soit à de plus longs intervalles. Je n'indique*, dit-il, *aucun sujet pour le prix, ayant toujours pensé laisser une grande société comme l'Académie des Sciences appréciatrice suprême de ce qu'il y avait de mieux à faire avec les fonds mis à sa disposition. L'Académie des Sciences fera donc tel emploi qui lui semblera le plus convenable de la somme que je mets à sa disposition.*

L'Académie a mis au concours, pour l'année 1919, un prix de 4000 fr. sur la question suivante :

*Découvrir une couche photographique, sans grain visible, et aussi sensible que le gélatinobromure actuellement en usage.*

## PRIX PETIT D'ORMOY

1875.

Deux prix de 10 000 fr.

Fondation dont les arrérages doivent être employés par l'Académie *en prix et récompenses, suivant les conditions qu'elle jugera convenable d'établir, moitié à des travaux théoriques, moitié à des applications de la science, à la pratique médicale, mécanique ou industrielle.*

L'Académie a décidé qu'il serait décerné tous les deux ans :

1° Un prix de 10000 fr. pour les sciences mathématiques, pures ou appliquées;

2° Un prix de 10 000 fr. pour les sciences naturelles.

Les prix Petit d'Ormoy seront décernés, s'il y a lieu, en 1919.

## PRIX ESTRADE-DELCROS (8000 fr.)

1876.

Chaque année, l'une des cinq Académies décerne un prix Estrade-Delcros *au concours sur tel sujet qu'elle a jugé devoir choisir.* Ce prix ne peut être fractionné.

L'Académie des Sciences l'attribue, tous les cinq ans, alternativement à des travaux ressortissant à la division des Sciences mathématiques — il en sera ainsi en 1923 — et à des travaux ressortissant à la division des Sciences physiques — il en sera ainsi en 1918.

## PRIX LE CONTE

1876.

Un prix de 50000 fr.; encouragements.

Le produit net du revenu de cette fondation doit être distribué par l'Académie, *de trois ans en trois ans, sans préférence de nationalité.*

*Savoir :*

*Un huitième à titre d'encouragement;*

*Tout ou partie des sept autres huitièmes en un seul prix :*

1° *Aux auteurs de découvertes nouvelles et capitales en mathématiques, physique, chimie, histoire naturelle, sciences médicales;*

2° *Aux auteurs d'applications nouvelles de ces sciences, applications qui devront donner des résultats de beaucoup supérieurs à ceux obtenus jusque-là.*

L'Académie décernera le prix Le Conte, s'il y a lieu, en 1918.

## PRIX JEAN REYNAUD (10000 fr.)

1878.

Chaque année, l'une des cinq Académies décerne un prix Jean Reynaud.

L'Académie des Sciences le décernera, s'il y a lieu, en 1921.

*Ce prix sera accordé au travail le plus méritant, relevant de chaque classe de l'Institut, qui se sera produit pendant une période de cinq ans. — Il ira toujours à une œuvre originale, élevée et ayant un caractère d'invention et de nouveauté. — Les membres de l'Institut ne seront pas écartés du concours. — Le prix sera toujours décerné intégralement; dans le cas où aucun ouvrage ne semblera digne de le mériter entièrement, sa valeur sera délivrée à quelque grande infortune scientifique, littéraire ou artistique.*

## PRIX DU BARON DE JOEST (2000 fr.)

1880.

Tous les ans, une des cinq Académies décerne un prix du baron de Joest, *à celui qui dans l'année a fait la découverte ou écrit l'ouvrage le plus utile au bien public, avec faculté de ne distribuer ce prix qu'après même deux ans si l'Institut le trouve nécessaire.*

L'Académie des Sciences décerne ce prix, tous les cinq ans, alternativement à des travaux ressortissant à la division des Sciences mathématiques — il en sera ainsi en 1926 — et à des travaux ressortissant à la division des Sciences physiques — il en sera ainsi en 1921.

## PRIX HOULLEVIGUE (5000 fr.)

1880.

Prix *annuel, décerné, à tour de rôle, par l'Académie des Sciences et par l'Académie des Beaux-Arts.*

L'Académie des Sciences décerne ce prix, tous les deux ans alternativement à des travaux ressortissant à la division des Sciences mathématiques — il en sera ainsi en 1918 — et à des travaux ressortissant à la division des Sciences physiques — il en sera ainsi en 1920.

## PRIX JEAN-JACQUES BERGER (15000 fr.)

1881.

*Prix annuel, qui sera successivement décerné par les cinq Académies aux œuvres les plus méritantes concernant la ville de Paris.*

*Le prix sera toujours décerné intégralement. Cependant, dans le cas où ledit prix ne serait pas décerné, aucune œuvre ne paraissant digne de l'obtenir, tout ou partie de sa valeur pourra être délivrée, à titre d'encouragement, aux œuvres les meilleures quoique non jugées dignes du prix.*

*Les concurrents devront justifier de leur qualité de Français.*

*Aucun programme ne sera imposé et ce sera l'œuvre ressortissant à l'Académie décernant le prix, qui sera seule admise au concours.*

L'Académie des Sciences décernera le prix, s'il y a lieu, en 1919.

## PRIX PARKIN (3400 fr.)

1886.

*Récompense ou prix attribué, tous les trois ans, au meilleur travail en français, en allemand ou en italien,*

*Sur les effets curatifs du carbone sous ses diverses formes et plus particulièrement sous la forme gazeuse ou gaz acide carbonique, dans le choléra, les différentes formes de fièvre ou autres maladies;*

*Ou bien,*

*Sur les effets de l'action volcanique dans la production de maladies épidémiques dans le monde animal et le monde végétal, et dans celle d'ouragans et de perturbations atmosphériques anormales;*

*Et de telle façon que les récompenses ou prix soient décernés la troisième et la sixième année de chaque période de neuf ans aux travaux sur le premier des sujets mentionnés ci-dessus* — il en sera ainsi en 1918 et 1924 — *et la neuvième année au second* — il en sera ainsi en 1921.

*Chaque travail sera en outre soumis à la condition que l'auteur le publie à ses frais et en présente un exemplaire à l'Académie dans le délai de trois mois après la proclamation de la récompense ou du prix.*

## PRIX SAINTOUR (3000 fr.)

1887.

Prix annuel attribué alternativement à des travaux ressortissant à la division des Sciences mathématiques — il en sera ainsi en 1919 — et à celle des Sciences physiques — il en sera ainsi en 1918.

## PRIX HENRI DE PARVILLE (1500 fr.)

1891.

Prix annuel *destiné à récompenser l'ouvrage de science qui en paraîtra le plus digne; livre de science original ou livre de vulgarisation scientifique.*

## PRIX LONCHAMPT (4000 fr.)

1896.

Prix donné, chaque année, à l'auteur du meilleur mémoire sur les maladies de l'homme, des animaux et des plantes, au point de vue plus spécial de l'introduction des substances minérales en excès comme cause de ces maladies.

## PRIX HENRY WILDE.

1897.

Un prix de 4000 fr. ou deux prix de 2000 fr.

*Prix décerné chaque année, sans distinction de nationalité, à la personne dont la découverte ou l'ouvrage sur l'astronomie, la physique, la chimie, la minéralogie, la géologie ou la mécanique expérimentale aura été jugé le plus digne de récompense, soit que cette découverte ou cet ouvrage ait été fait dans l'année même, soit qu'il remontât à une autre année.*

## PRIX CAMÉRÉ (4000 fr.)

1904.

Prix biennal, qui sera décerné, s'il y a lieu, en 1918, et *qui ne peut être donné qu'à un ingénieur français, qu'il soit ingénieur des mines, des ponts et chaussées ou ingénieur civil, ayant personnellement conçu, étudié et réalisé un travail quelconque dont l'usage aura entraîné un progrès dans l'art de construire.*

## PRIX GUSTAVE ROUX (1000 fr.)

1911.

Prix annuel destiné à *récompenser un jeune savant français dont les travaux auront paru remarquables à l'Académie. En aucun cas, le prix ne pourra être divisé.*

## PRIX THORLET (1600 fr.)

1912.

*Prix de vertu.*

## FONDATION LANNELONGUE (2000 fr.)

1903.

Le revenu annuel de cette fondation est donné, au choix de l'Académie et sur la proposition de sa commission administrative, *à une ou deux personnes au plus, dans l'infortune, appartenant elles-mêmes ou par leur mariage, ou par leurs père et mère, au monde scientifique, et de préférence au milieu scientifique médical.*

## PRIX LAPLACE

1836.

Prix consistant en un exemplaire des œuvres de M. de Laplace [*Traité de Mécanique céleste* (5 vol.), *Exposition du système du monde* (1 vol.), *Théorie des probabilités* (1 vol.)], et *donné, tous les ans, par les mains du Président de l'Académie, au premier élève sortant de l'École polytechnique.*

## PRIX L.-E. RIVOT (2500 fr.)

1890.

Le revenu de cette fondation est *partagé entre les quatre élèves sortant chaque année de l'École polytechnique avec les nos 1 et 2 dans les corps des mines et des ponts et chaussées.*

*Les nos 1 reçoivent* 750 fr. *et les nos 2 reçoivent* 500 fr. *qui leur sont remis, au nom de L.-E. Rivot,* en son vivant professeur à l'École nationale supérieure des Mines, *pour les aider à acheter des livres de sciences et à faire des voyages d'études.*

## PRIX DE L'ÉCOLE NORMALE (2000 fr.)

1916.

Prix unique, qui sera décerné, s'il y a lieu, en 1917, par l'Académie, grâce à un don du Comité des Annales scientifiques de l'École Normale supérieure, *à un normalien tué ou blessé au champ d'honneur, en récompense ou en vue de travaux scientifiques.*

## FONDATION TRÉMONT (1000 fr.)

1847.

*Fondation destinée à aider, dans ses travaux, tout savant, ingénieur, artiste ou mécanicien auquel une assistance sera nécessaire pour atteindre un but utile et glorieux pour la France.*

*Comme de telles découvertes ont lieu rarement, lorsque la rente n'aura pas son emploi, elle sera capitalisée avec le fonds et deviendra ainsi plus digne de son but.*

## FONDATION GEGNER (4000 fr.)

1868.

Fondation constituée par un *capital d'un revenu de quatre mille francs destiné à soutenir un savant pauvre qui se sera signalé par des travaux sérieux et qui, dès lors, pourra continuer plus fructueusement ses recherches en faveur du progrès des sciences positives.*

## FONDATION JÉROME PONTI (3500 fr.)

1879.

Le revenu de cette fondation doit être employé par l'Académie, *selon qu'elle le jugera à propos, pour encourager les sciences et aider à leurs progrès.*

L'Académie attribue, tous les deux ans, une somme de 3500 fr. sur la proposition d'une commission choisie alternativement dans la division des Sciences mathématiques — il en sera ainsi en 1918 — et dans la division des Sciences physiques — il en sera ainsi en 1920.

## FONDATION HENRI BECQUEREL (3000 fr.)

1905.

Le fondateur, feu Antoine-Henri Becquerel, secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, a laissé à celle-ci *le soin de décider le meilleur usage qu'elle pourra faire des arrérages du capital* qu'il lui léguait, *soit pour établir une fondation ou un prix, soit dans la manière dont elle distribuera périodiquement les arrérages dans le but de favoriser le progrès des sciences.*

# FONDS BONAPARTE.

**1908.**

Les subventions que l'Académie des Sciences peut distribuer, grâce à la généreuse libéralité de l'un de ses membres, le Prince Bonaparte, ont pour but de *provoquer des découvertes en facilitant les recherches des travailleurs ayant déjà fait leurs preuves en des travaux originaux et qui manqueraient de ressources suffisantes pour entreprendre ou poursuivre leurs investigations.*

Les subventions peuvent être demandées directement par les candidats ou proposées par un membre de l'Académie. La demande doit contenir un exposé précis des travaux projetés et indiquer la somme jugée nécessaire pour les réaliser. Tout membre de l'Institut qui désire proposer une subvention ou appuyer une demande doit le faire par écrit, et son avis motivé est mentionné dans le rapport général d'attribution.

Toutes les demandes ou propositions doivent parvenir au Secrétariat de l'Académie *avant le 1^er^ janvier;* passé cette date, elles sont renvoyées à l'année suivante.

Les subventions sont au minimum de 2000 fr.

Les membres de l'Institut qui auront appuyé une demande devront, dans les deux ans qui suivront l'attribution, remettre une note écrite indiquant l'emploi qui aura été fait des fonds accordés.

*Obligations des bénéficiaires.* — Toute personne qui aura reçu une subvention sur le Fonds Bonaparte devra adresser à l'Académie : 1° au bout de douze mois, un rapport succinct relatif à la manière dont elle aura employé les ressources mises à sa disposition et aux premiers résultats obtenus; 2° dans un délai de deux ans, un résumé des travaux effectués à l'aide de la subvention; ce résumé sera écrit spécialement pour l'Académie et sera accompagné d'une liste bibliographique, s'il y a lieu. Son étendue ne devra pas dépasser deux pages in-4°. L'ensemble des rapports constitue une publication spéciale qui porte le titre de *Recueil du Fonds Bonaparte*.

L'Académie se réserve d'insérer dans ses publications ordinaires les

travaux d'une plus grande étendue, qui lui paraîtront mériter une mention particulière.

La primeur des découvertes, sous quelque forme que ce soit, sera réservée à l'Académie. La non-observation de cette clause entraînerait pour l'auteur la perte du droit de recevoir de nouvelles subventions.

La même sanction serait appliquée à tout bénéficiaire qui n'aurait pas fourni de rapport dans les délais voulus.

# FONDATION LOUTREUIL.

1910.

Cette fondation a pour but d'encourager, dans les établissements de haute culture scientifique de Paris et de province (autres que les Universités), ainsi que par les savants et chercheurs libres, indépendants de ces établissements : le progrès des sciences de toute nature; la création et le développement de l'outillage des laboratoires; le développement des collections, bibliothèques et publications savantes; les recherches et les voyages scientifiques; la création de cours d'enseignement. Elle permet de donner des allocations pécuniaires à des savants, attachés ou non à ces établissements, et dont les ressources sont souvent inférieures à leur mérite.

Les demandes de subventions doivent être adressées au Secrétariat de l'Académie *avant le* 31 *mars*. Elles indiquent le but et l'objet des recherches à entreprendre, leur intérêt scientifique, leur durée probable, les dépenses qu'elles peuvent entraîner. S'il s'agit d'un accroissement de collections, de bibliothèques ou bien de constructions, elles indiquent les lacunes qu'il s'agit de combler, l'utilité des dépenses projetées, etc. Si la demande émane d'un établissement, elle doit être accompagnée, en outre, du procès-verbal de la séance du Conseil de cet établissement dans laquelle la demande a été votée.

Aucune demande de subvention permanente n'est acceptée.

Dans le cas où tel établissement de haute culture scientifique jugerait immédiatement utile la construction de bâtiments destinés à abriter, soit une collection, soit l'outillage d'un laboratoire de travaux ou de recherches scientifiques, et dans le cas où cette construction ne pourrait être assurée assez rapidement par l'État ou la ville intéressée, le revenu de la fondation pourra, si le Conseil de la fondation l'autorise, être affecté, jusqu'à concurrence de un cinquième, à gager un ou plusieurs emprunts contractés par l'établissement, à l'effet d'assurer cette construction.

Les demandes de subventions sont examinées par un Comité consultatif,

composé d'un représentant, élu pour trois ans, du Muséum d'histoire naturelle, désigné par ses professeurs; du Collège de France, désigné par ses professeurs des sciences; du Conseil central des Observatoires; du Conseil de perfectionnement de l'École polytechnique; de chacune des Écoles vétérinaires d'Alfort, Lyon et Toulouse, choisi par les professeurs de ces écoles; de l'Institut national agronomique, désigné par ses professeurs. Le Président de l'Académie des Sciences pourra ajouter à cette liste des inventeurs ou savants notoires n'appartenant à aucun établissement, et des représentants d'établissements scientifiques non dénommés ci-dessus.

L'attribution définitive des subventions est faite par un Conseil de six membres pris dans l'Académie, suivant les conditions fixées par le testament.

*Obligations des bénéficiaires.* — Toute personne ou tout établissement qui a reçu une subvention sur la fondation Loutreuil est tenue d'envoyer, au bout d'un an, s'il s'agit de recherches scientifiques, et de six mois s'il s'agit d'accroissement de matériel ou de constructions, un rapport sur l'emploi qu'il en a fait. S'il s'agit d'une subvention destinée à des recherches, les résultats de celles-ci doivent être indiqués. Quand l'emploi des fonds exige plus d'une année, il y a lieu de faire un rapport annuel; la non-exécution de cette clause entraînera la suppression de toute subvention ultérieure.

Le rapport général du Conseil et les rapports annuels des savants ou établissements subventionnés feront l'objet d'une publication spéciale qui portera le titre de *Recueil de la Fondation Loutreuil.*

L'Académie se réserve d'insérer, dans ses publications ordinaires, les travaux d'une grande étendue qui lui paraîtront mériter une mention spéciale.

La publication de tous travaux, subventionnés par la fondation Loutreuil, devra porter mention, après le titre, qu'ils ont été entrepris avec l'aide de cette fondation.

## CONDITIONS GÉNÉRALES DES CONCOURS.

Les pièces manuscrites ou imprimées, destinées aux divers concours de l'Académie des Sciences, doivent être directement adressées par les auteurs au Secrétariat de l'Institut (ACADÉMIE DES SCIENCES) avec une lettre adressée à MM. les Secrétaires perpétuels de l'Académie des Sciences, constatant l'envoi et indiquant le concours pour lequel elles sont présentées.

Les ouvrages imprimés doivent être envoyés au nombre de *trois exemplaires*.

Les manuscrits doivent être écrits en français.

Par une mesure générale, l'Académie a décidé que la clôture de tous les concours aura lieu le 31 décembre de l'année qui précède celle où le concours doit être jugé.

Les concurrents doivent indiquer, par une analyse succincte, la partie de leur travail où se trouve exprimée la découverte sur laquelle ils appellent le jugement de l'Académie.

Les concurrents sont prévenus que l'Académie ne rendra aucun des ouvrages ou mémoires envoyés aux concours; les auteurs auront la liberté d'en faire prendre des copies au Secrétariat.

Le même ouvrage ne pourra pas être présenté, la même année, aux concours de deux Académies de l'Institut de France.

L'Académie se réserve d'examiner, sans aucune condition de candidature, les titres des savants qui pourraient mériter des prix.

Le montant des sommes annoncées pour les prix n'est donné qu'à titre d'indication, subordonnée aux variations du revenu des fondations.

Nul n'est autorisé à prendre le titre de LAURÉAT DE L'ACADÉMIE, s'il n'a été jugé digne de recevoir un PRIX. Les personnes qui ont obtenu des *récompenses*, des *encouragements*, des *mentions* ou des *subventions* n'ont pas droit à ce titre.

*Nota.* — L'Académie a supprimé, depuis l'année 1902, la formalité qui rendait *obligatoire* l'anonymat pour certains concours, avec dépôt d'un pli cacheté contenant le nom de l'auteur. Cette formalité est devenue *facultative*.

## LECTURES.

M. **Alfred Lacroix**, Secrétaire perpétuel, lit une Notice historique sur *Bory de Saint-Vincent*, Membre libre de l'Académie.

G. D. et A. Lx.

# TABLEAUX
## DES PRIX DÉCERNÉS ET DES FONDATIONS.

## TABLEAU DES PRIX DÉCERNÉS.

### ANNÉE 1916.

FONDS DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES.



FONDS BONAPARTE.



FONDATION LOUTREUIL.

# TABLEAU DES FONDATIONS

## *pour les années* 1918, 1919, 1920, 1921....

## FONDS DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES.

# TABLEAU PAR ANNÉE

DES PRIX POUR 1918, 1919, 1920, 1921......

## 1918.

### MATHÉMATIQUES.

Prix Poncelet.
Prix Francœur.

### MÉCANIQUE.

Prix Montyon.
Prix Fourneyron. — *Etude théorique et expérimentale des roulements à billes.*
Prix Fourneyron. — *Perfectionnements importants apportés aux moteurs des appareils d'aviation.*
Prix Boileau.
Prix Henri de Parville.

### ASTRONOMIE.

Prix Lalande.
Prix Benjamin Valz.
Prix Janssen.

### GÉOGRAPHIE.

Prix Delalande-Guérineau.
Prix Gay. — *Progrès les plus récents introduits dans la Géodésie.*
Fondation Tchihatchef.
Prix Binoux.

### NAVIGATION.

Prix extraordinaire de six mille francs. — Destiné à récompenser tout progrès de nature à accroître l'efficacité de nos forces navales.
Prix Plumey.

### PHYSIQUE.

Prix L. La Caze.
Prix Hébert.
Prix Hughes.
Fondation Danton.
Prix Victor Raulin. — *Méteorologie et Physique du Globe.*

### CHIMIE.

Prix Montyon. — *Arts insalubres.*
Prix Jecker.
Prix La Caze.
Fondation Cahours.
Prix Houzeau.

### MINÉRALOGIE ET GÉOLOGIE.

Prix Cuvier.

### BOTANIQUE.

Prix Desmazières.
Prix Montagne.
Prix de Coincy.

### ANATOMIE ET ZOOLOGIE.

Prix da Gama Machado.
Fondation Savigny.
Prix Jean Thore.

### MÉDECINE ET CHIRURGIE.

Prix Montyon.
Prix Barbier.
Prix Bréant.
Prix Godard.
Prix Mège.
Prix Bellion.
Prix du baron Larrey.

### PHYSIOLOGIE.

Prix Montyon.
Prix Lallemand.
Prix L. La Caze.
Prix Pourat. — *Étude expérimentale de quelques-unes des conditions qui font varier la quantité d'eau des différents tissus.*
Prix Martin-Damourette.
Prix Philipeaux.

### STATISTIQUE.

Prix Montyon.

### HISTOIRE ET PHILOSOPHIE DES SCIENCES.

Prix Binoux.

### MÉDAILLES.

Médaille Arago.
Médaille Lavoisier.
Médaille Berthelot.

### PRIX GÉNÉRAUX.

Prix fondé par l'État : Grand Prix des Sciences mathématiques.
Prix Bordin (Sciences physiques).
Prix Estrade-Delcros (Sciences physiques).
Prix Le Conte.
Prix Houllevigue (Sciences mathématiques).
Prix Parkin.
Prix Saintour (Sciences physiques).
Prix Henri de Parville.
Prix Lonchampt.
Prix Henry Wilde.
Prix Caméré.
Prix Gustave Roux.
Prix Thorlet.
Fondation Lannelongue.
Prix Laplace.
Prix L.-E. Rivot.
Fondation Trémont.
Fondation Gegner.
Fondation Jérôme Ponti (Sciences mathématiques).
Fondation Henri Becquerel.
Fonds Bonaparte.
Fondation Loutreuil.

## 1919.

Prix Poncelet.
Prix G. de Pontécoulant.
Prix Gay. — *Étude sur la géographie physique de l'Afrique du Nord et principalement de la Mauritanie.*
Prix Kastner-Boursault.
Prix Gaston Planté.
Prix Henri de Parville.
Prix Pierson-Perrin.
Prix Delesse.
Prix Joseph Labbé.
Prix Jean Thore.
Prix de La Fons-Mélicocq.
Prix Jean de Rufz de Lavison.
Prix Cuvier.
Prix Chaussier.
Prix Argut.
Prix Fanny-Emden.
Prix fondé par l'État : Grand Prix des Sciences physiques.
Prix Bordin (Sciences mathématiques).
Prix Petit d'Ormoy.
Prix Jean-Jacques Berger.
Prix Saintour (Sciences mathématiques).

## 1920.

Prix Pierre Guzman.
Prix Fontannes.
Prix Victor Raulin. — *Minéralogie et Pétrographie.*
Prix Cuvier.
Prix Dusgate.
Prix Serres.
Prix Houllevigue (Sciences physiques).
Fondation Jérome Ponti (Sciences physiques).

## 1921.

Prix Pierson-Perrin.
Prix Damoiseau.
Prix Berthelot.
Prix Victor Raulin. — *Géologie et Paléontologie.*
Prix Jean Reynaud.
Prix du baron de Joest.
Prix Parkin.

## 1922.

Prix James Hall.
Prix Alhumbert (Sciences physiques).

## 1923.

Prix Bigot de Morogues.
Prix Estrade-Delcros (Sciences mathématiques).

## 1924.

Prix Parkin.

## 1926.

Prix du baron de Joest (Sciences mathématiques).

## 1927.

Prix Alhumbert (Sciences mathématiques).

## 1929.

Prix Theurlot.

## BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

---

Ouvrages reçus dans les séances d'octobre 1916 (*suite*).

*Bref och skrifvelser af och till Carl von Linné*, med understöd af Svenska staten, utgifna af Upsala Universitet; del I. Upsala, Akademiska Bokhandeln, 1916) 1 vol. in-8°.

*Annales de l'Institut océanographique;* t. VII, fasc. V : *Contribution à l'étude de la faune actinienne de San Thome* (*golfe de Guinée*), par Ch. Gravier. Paris, Masson, 1916; 1 fasc. in-4°.

*Association française pour l'avancement des sciences. Conférences* (1915-1916). Paris, Masson, 1916; 1 vol. in-8°.

*Mémoires de la Société académique d'agriculture, des sciences, arts et belles-lettres du département de l'Aube;* t. LII, 3e série, année 1915. Troyes, Paton, 1915; 1 vol. in-8°.

*Mémoires de l'Académie de Stanislas*, 1914-1915; CLXVe année, 6e série, t. XII et XIII. Nancy, Berger-Levrault, 1916; 2 vol. in-16.

*Prosper de Wilde* (1835-1916), par Frédéric Reverdin. Extrait du *Moniteur scientifique* du Dr Quesneville, juillet 1916, p. 166; 1 fasc. in-8°.

*Coup d'œil général sur le développement des industries chimiques dans le canton du Valais et plus spécialement sur la fabrication de l'indigo synthétique*, par Frédéric Reverdin. Sion, F. Aymon, 1916; 1 fasc. in-8°.

*De la création des planètes*, par A.-H. Merlac. Toulouse, Passeman et Alquier, 1915; 1 fasc.

Comité de défense contre la grêle et les orages. *Rapport* de M. A. Karlson. Paris, Imprimerie du journal *L'Éclair*, 1916; 1 fasc.

(*A suivre.*)

# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU MARDI 26 DÉCEMBRE 1916.

PRÉSIDENCE DE M. CAMILLE JORDAN.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'en raison de la fête du premier jour de l'an la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mardi 2 janvier 1917, au lieu du lundi 1er.

HISTOIRE DES SCIENCES. — *Les premières sociétés scientifiques de Paris au* XVIIe *siècle. — Les Conférences du Bureau d'Adresse.* Note de M. **G. Bigourdan.**

Les hommes d'étude ont toujours senti le besoin de se communiquer leurs travaux; et l'on peut dire que, sous des formes diverses, les sociétés savantes sont de tous les temps : on connaît celles d'Alexandrie, des Arabes, de Charlemagne, puis celles d'Italie et du Midi de la France à partir du XIVe siècle (1). Plus tard, en Italie seulement, on en compte plusieurs centaines (2).

Au milieu du XVIe siècle Paris eut sa Pléiade, puis, sous les derniers Valois, son académie du Palais, protégée par Charles IX, par Henri III, mais emportée par la tourmente des guerres civiles (3). Les sciences ne paraissent d'ailleurs y avoir tenu aucune place (4).

---

(1) On fait remonter à 1324 l'Académie du *Gay Savoir* de Toulouse, devenue celle des *Jeux floraux*.

(2) Arthur Dinaux, *Les sociétés badines, bachiques, chantantes et littéraires; leur histoire et leurs travaux*. Ouvrage posthume, revu et classé par Gustave Brunet. Paris, 1867. 2 vol. in-8°.

(3) Édouard Fremy, *L'Académie des derniers Valois* (1570-1585). Paris, 1887; in-4°.

(4) Philarète Chasles, dans ses *Études sur le seizième siècle en France*, dit que les sciences y étaient admises; mais Éd. Frémy est d'opinion contraire.

Vers 1587 on se réunissait chez le chanoine Gillot (1), pour discuter philosophie et converser.

Après la Ligue il se forma de nouvelles sociétés, parmi lesquelles on cite celles qui se réunissaient vers 1619 chez l'abbé de Marolles (2) et vers 1623 chez Mademoiselle de Gournay; d'après de Marolles c'est même dans celle-ci que naquit la première idée de l'Académie française.

Dès 1626 quelques amis de Descartes, et des hommes savants attirés par sa réputation, se réunirent d'abord chez lui, rue du Four, puis chez son hôte et parent, Le Vasseur d'Étioles (3).

En 1628 des conférences avaient lieu chez le nonce; et c'est là que Descartes exposa pour la première fois les principes de sa *Méthode* (Baillet, I, 100).

En même temps, les salons étaient à la mode, et l'on connaît l'éclat jeté par ceux de l'Hôtel de Rambouillet et de Mlle de Scudéri.

D'autres réunions moins mondaines étaient surtout destinées aux savants, aux érudits; telle fut celle qu'on appelait le *Cabinet* (4) : commencée chez l'historien De Thou un an avant sa mort, c'est-à-dire en 1616, elle fut présidée longtemps par les frères Pierre et Jacques Dupuy, devenus plus tard gardes de la bibliothèque du Roi; et la correspondance de Peiresc nous montre les savants de province empressés à s'y faire introduire.

Les sciences encore naissantes n'occupèrent longtemps aucune place dans la plupart de ces sociétés; mais nous touchons au moment où commencèrent, chez le P. Mersenne, les réunions que l'on considère comme le berceau de l'Académie des Sciences. Toutefois elles avaient été précédées par les *Conférences du Bureau d'Adresse*, bien oubliées aujourd'hui quoique nous ayons leurs procès-verbaux (5), et où les sciences étaient largement admises.

---

(1) Philarète Chasles, *loc. cit.*

(2) *Mémoires de Michel de* Marolles, abbé de Villeloin. Ed. d'Amsterdam, 1755, 3 vol. in-8°; t. I, p. 75-78, 110-112, et t. III, p. 289. — Voir aussi l'Ouvrage suivant : abbé L. Bossebœuf, *Michel de Marolles, abbé de Villeloin.* Tours, 1911, p. 41.

(3) *La vie de Monsieur Des-Cartes* (par Baillet), Paris, 1691, 2 vol. in-4°, t. I, p. 136 et 152.

(4) Isaac Uri, *Un cercle savant au* XVIIe *siècle. François Guyet* (1575-1655). Voir les noms de quelques membres dans les *Mémoires de Marolles*, t. II, p. 220.

(5) Recueil *général des questions traictées ès Conférences du Bureau d'Adresse, sur toutes sortes de matières; par les plus beaux esprits de ce temps.* Paris, 1665-1666;

*Les Conférences du Bureau d'Adresse.*

Au commencement du XVIIe siècle, Paris n'avait encore aucune de ces institutions populaires sans lesquelles la vie sociale nous paraîtrait aujourd'hui impossible : journaux, bureaux de placement, hôtel des ventes, mont-de-piété; tout cela était encore à créer.

En 1612, un esprit des plus ouverts, le médecin Théophraste Renaudot (1), obtint de Louis XIII le privilège « de faire tenir Bureaux et Registres d'addresses de toutes les commoditez réciproques de ses sujets en tous les lieux de son royaume et terres de son obéissance qu'il verra bon estre... » En raison d'enquêtes et oppositions diverses, Renaudot ne put mettre cette idée à exécution qu'en 1629; alors il ouvrit, dans sa maison du Grand Coq, rue de la Calandre, en la Cité, ce qu'il appela le *Bureau d'Adresse*, où pouvait se renseigner quiconque voulait « vendre, acheter, louer, permuter, prester, emprunter, apprendre, enseigner, ... ».

Cette institution, qui eut plein succès, fut à Paris l'origine du Mont-de-Piété, de l'Hôtel des Ventes, des dispensaires; en outre, Renaudot fonda le premier journal politique, la *Gazette*, qui commença de paraître avec le numéro du 30 mai 1631.

En 1633, Renaudot adjoignit à son Bureau d'Adresse une « Académie ouverte à tous les bons esprits, qui y venoient conférer en public de toutes les plus belles matières de physique, de morale, mathématiques et autres disciplines... ». Sauf dans la période des vacances, ces conférences avaient lieu une fois par semaine, le lundi, à partir de $2^h$.

La salle des séances était la principale de celles de la maison du Grand Coq; bientôt cependant elle se trouva trop petite pour recevoir tous ceux qui se présentaient, ce dont Renaudot s'excuse.

---

5 volumes in-8°. Les quatre premiers volumes avaient eu une édition antérieure; le dernier seul parut pour la première fois en 1665.

Les Conférences du Tome I ne sont pas datées, de sorte que nous ne connaissons qu'approximativement leur époque. Voici les dates extrêmes des Conférences données dans les autres volumes : II (1634 nov.-1636 fév. 4); — III (1636 fév. 11-1639 janv. 17); — IV (1639 janv. 24-1641 juin 10); — V (1641 juin 24-1642 sept. 1).

(1) Ce médecin, trop longtemps oublié, a fait, dans la 2e partie du XIXe siècle, l'objet d'un assez grand nombre de publications; parmi elles nous citerons celles de E. Hatin et de Gilles de la Tourette. Voir notamment E. HATIN, *Théophraste Renaudot et ses « Innocentes inventions »*; 1883, in-8°.

Entre autres innovations, il faut signaler l'usage exclusif qu'on y faisait du français (¹) (tandis que dans l'Université on parlait uniquement latin), l'admission de toute opinion, même « contraire à celle de l'Eschole » et enfin la publication de Comptes rendus (²).

Quelques-uns, dit-il, ont « trouvé à dire qu'on n'y admettoit point toutes sortes de personnes, comme il sembloit se devoir faire, en un lieu dont l'accez est libre à tout le monde. Mais ceux qui considéreront que les Académies ne sont pas pour le vulgaire, ne trouveront pas estrange qu'on y ait apporté quelque distinction. Et si toutes les personnes de la qualité requise n'y ont pû trouver place, les plus diligens peuvent tesmoigner aux autres qu'il l'a fallu imputer au lieu, lequel, tout spacieux qu'il est, ne pouvoit suffire à tous les survenans ».

Ailleurs il dit que ces Conférences étaient fréquentées par les membres des grands Corps de l'État et des Compagnies souveraines; cependant, leur niveau permettait à tous d'en profiter; car, ajoute-t-il, on n'a « rien trouvé » qui serve plus d'apprentissage aux jeunes, de divertissement aux vieux, » et d'honneste récréation à tous ».

On voit que pour l'inventeur lui-même ces réunions étaient indifféremment des conférences ou des séances d'Académie; pour nous, qui n'avons pas d'équivalent, ce seraient plutôt des conférences contradictoires sur des sujets proposés à l'avance (³). En effet, sur chaque sujet on écoutait, non contradictoirement, mais successivement, tous ceux qui étaient capables de donner un avis, et dont le nombre variait ordinairement de 5 à 10.

A l'origine on discutait l'une après l'autre deux questions, en consacrant une heure entière à chacune d'elles; mais à partir de la 116ᵉ conférence (17 novembre 1636), on n'en discuta plus qu'une seule, les sujets s'épuisant sans doute rapidement, car on ne revenait guère sur un sujet déjà traité.

Une troisième heure était consacrée à des expériences, à la communication d'inventions récentes, de remèdes nouveaux, ou encore à des rapports

(¹) L'étude de ces Comptes rendus serait utile pour l'histoire de la langue française; certains de leurs passages, en effet, semblent être reproduits, dans la forme comme dans l'idée, par de très célèbres auteurs du siècle de Louis XIV.

(²) Cette publication ne fut pas commencée immédiatement, et les premières conférences doivent être restées inédites, car en tête de celle qui ouvre le Tome I (p. 6) on lit : « Chacun estant assis dans la grande salle du Bureau : il fut rapporté que la résolution de la dernière Conférence auoit esté d'imprimer desormais les matières qui seroient proposées et les auis sur icelles qui le meriteroient. »

(³) Souvent à la fin d'une séance on indiquait les questions qui seraient discutées dans la suivante.

sur des livres ou Mémoires présentés [1]. Mais bientôt la discussion des deux premières questions envahit cette « heure des inventions », et à partir de la 13e séance cette troisième partie disparaît complètement.

Les sujets discutés sont extrêmement variés, allant un peu au hasard de la Philosophie à l'Économie politique et sociale, telles que nous les entendons aujourd'hui, en passant par les questions de langues, de grammaire, d'éducation, d'art militaire même, puis par les sciences physiques, naturelles et leurs applications, comme la Médecine et l'Hygiène. Les sciences occultes sont loin d'être négligées, mais les Mathématiques pures, la Mécanique (sauf le mouvement perpétuel), l'Histoire, la Géographie sont peu ou point effleurées.

Les questions philosophiques furent toujours nombreuses : on discuta d'abord sur la Méthode, les Principes, l'Être, l'Esprit universel, puis sur l'âme, ses facultés, ses modes et ses fins.

La Physique et la Météorologie fournirent aussi beaucoup de questions, depuis les plus abstraites (atomes, matière première, éléments, vide, ...) jusqu'à celles qui sont aujourd'hui accessibles à l'observation (cause du tonnerre, de l'arc en ciel, de la rosée; origine des vents, des sources), mais pour lesquelles on n'avait guère alors d'instrument de mesure, puisque le baromètre n'était pas encore inventé; quant au thermomètre, très peu connu, il était tout à fait rudimentaire.

Pour l'Astronomie, on agite les anciennes questions : si les cieux sont mus par des intelligences, — s'ils sont solides ou liquides, — s'il y a un feu élémentaire autre que le soleil. On discute du mouvement ou du repos de la Terre, — de la nature des comètes, — de la voie lactée, — des taches du

---

(1) Ainsi, à la fin de la seconde conférence imprimée, un auteur présenta un poème latin de 12000 vers, sur « la vie, les gestes et la mort du Roy de Suède »; l'auteur ajoutait « que la grande réputation de ces Conférences l'avoit fait venir de son païs en cette ville expres pour pouvoir corriger, limer et polir son ouvrage par la censure de tant de bons esprits qui s'y rencontrent.» On nomma des Commissaires qui firent leur rapport à la séance suivante. Mais ni ce rapport, ni aucun des autres ne nous a été conservé.

A cette troisième séance on présenta, entre autres inventions, « un instrument qui grossit tellement les espèces, qu'une puce y paroist de la grosseur et forme d'une souris, et les petits vers qui se trouvent dans tous les bons vinaigres, de la grosseur d'anguilles». C'était donc un microscope, récemment inventé.

Dans la suite on présenta un moulin à vent qui s'orientait de lui-même; on répéta l'expérience de l'éolipyle de Vitruve, puis « celle de marcher sur les eaux », etc. A la douzième Conférence on s'occupa « des principaux stupéfactifs qui empeschent la douleur ».

Soleil et de la Lune ([1]), — de la cause des éclipses; — puis de questions d'ordre pratique comme celle des longitudes, du calendrier, etc.

L'existence du feu central, l'origine des volcans, des montagnes, la cause des tremblements de terre, la génération des pierres, des métaux, l'accroissement des minéraux, telles sont les principales questions empruntées à la Géologie et à la Minéralogie.

Les questions de médecine sont assez nombreuses et mirent le Dr Renaudot en lutte avec la Faculté, qui vit là une atteinte à son privilège; d'autant qu'il laissait soutenir la doctrine galénique de l'École de Montpellier, vivement combattue à Paris.

On y traitait aussi doctoralement de la vertu des nombres, de la pierre philosophale, des présages, des talismans, des amulettes, de la poudre de sympathie, des sibyles, du Phénix et de nombre d'autres questions occultes qui généralement trouvaient encore créance.

Mais on ne néglige pas toujours les questions d'ordre pratique ou même philanthropique; ainsi on y discute sur le règlement des pauvres, sur l'établissement des Mont-de-Piété. Les moyens de rétablir le commerce furent longuement envisagés durant les vacances de 1638.

Tout ce qui touche à la noblesse, à la dérogation, fut l'objet de plusieurs conférences.

Ces sujets étaient, semble-t-il, adaptés à peu près au hasard, à moins que quelque circonstance particulière n'imposât un choix; et c'est ainsi que dans les dixième et onzième conférences on s'occupa des monstres à propos « des deux frères monstrueux vivans en un mesme corps, qui se voyent en cette ville de Paris », et d'une petite fille allemande toute velue que l'on montrait aussi à Paris. Plus tard (129e conf.), on s'occupa d'un Maltais, extraordinaire buveur d'eau, qui se montrait à la foire Saint-Germain; « sa pratique, dit-on, est fort éloignée de ses affiches; par lesquelles il promet de boire cent pintes d'eau et il n'en boit pas quatre sans la rendre ».

Par cette énumération, d'ailleurs incomplète, on voit que les Conférences du Bureau d'Adresse touchaient à toutes les questions de Science qu'on pouvait alors soulever. Elles durèrent de 1633 au 1er septembre 1642, et nous ignorons pour quelle cause elles furent suspendues. Ce fut sans

---

([1]) A propos de ces taches (93e conf., 17 déc. 1635) on parle des « astres qui tournent en épicycles » autour de Jupiter et de Saturne; le fait est curieux pour Saturne, dont le plus gros satellite (Titan) ne fut signalé par Chr. Huyghens qu'en 1655.

doute par suite de l'opposition violente de la Faculté de Médecine, appuyée par l'Université, avec laquelle Renaudot eut les plus vifs démêlés. Cette suppression coïncide à peu près avec la mort de Richelieu, suivie bientôt après de celle de Louis XIII, qui avaient soutenu Renaudot.

Comment ces Conférences furent-elles accueillies dans les milieux savants? C'est ce qu'il est difficile de dire aujourd'hui, car leur *Recueil* ne fait connaître aucun nom; l'*Avis au Lecteur* du Tome I a même soin de nous prévenir que cette condition est la principale de celles que lui ont imposée ceux qui y prenaient part. Mais, on l'a vu, Renaudot nous apprend qu'elles étaient fréquentées par les membres des grands Corps de l'État et des Compagnies souveraines. Nous savons d'ailleurs que Morin, par exemple, y avait exposé sa méthode des longitudes avant de la porter devant les commissaires que Richelieu lui avait enfin donnés.

Toutefois, pour beaucoup de savants une telle publicité est peu favorable à une discussion sérieuse, et cela explique la fondation de réunions privées analogues à celles qui, peu après, furent tenues chez le P. Mersenne.

## ÉLECTRICITÉ. — *Conductibilités de l'air et du mica.* Note de M. **Édouard Branly**.

Dans une étude du mécanisme de la conductibilité intermittente des récepteurs de la télégraphie sans fil, j'ai eu à essayer la résistance qu'opposaient aux courants des piles de très nombreuses feuilles minces de mica blanc, très transparent. Une épaisseur de ce mica, supérieure à 6 ou 7 millièmes de millimètre, intercalée entre deux disques métalliques, ne se laisse pas traverser par le courant d'une série de 5 à 10 accumulateurs au plomb, mais pour des feuilles plus minces la force électromotrice de la pile a dû être fort abaissée, surtout quand l'épaisseur descend au-dessous de 3 millièmes de millimètre.

Certaines de ces dernières feuilles très minces, vivement éclairées, et soumises à un examen minutieux, après qu'elles ont été reconnues conductrices sous une force électromotrice égale ou inférieure à 1 volt, ont laissé voir à leur surface des trous circulaires de diamètre extrêmement faible; je me suis alors demandé si ces trous n'existaient pas avant que le passage du courant ait eu lieu et s'ils n'intervenaient pas en favorisant une transmission qui se produirait sans rupture de la substance.

C'était une suggestion à laquelle j'étais préparé. En effet, j'avais

précédemment (¹) opéré avec des cellules d'air de $4^{mm}$, $3^{mm}$, $2^{mm}$ et même $1^{mm}$ de diamètre, ménagées entre deux disques métalliques séparés par des lames de mica perforées et j'avais constaté que les couches gazeuses ainsi emprisonnées étaient susceptibles de devenir progressivement et franchement conductrices. Comme suite à ces expériences, je m'étais proposé de diminuer le diamètre des cellules jusqu'à une faible fraction de millimètre, afin de voir si les petites dimensions du volume gazeux, de la sorte réduit en largeur aussi bien qu'en hauteur, ne favorisaient pas sa conductibilité électrique, en diminuant l'étendue des excursions des molécules. Dans ce but, j'avais percé des trous de $0^{mm},5$; $0^{mm},3$; $0^{mm},2$ de diamètre. Leur hauteur était prise généralement inférieure à 4 millièmes de millimètre. Comme, à épaisseurs égales, sous une même force électromotrice, des lames percées de ces très petits trous devenaient beaucoup plus aisément conductrices que des feuilles en apparence continues, il était peut-être naturel d'admettre que, pour des feuilles continues, c'était par des ouvertures occupées par le gaz seul que le passage du courant avait lieu.

En tout cas, quelle que soit l'explication définitive à laquelle on sera conduit, il est utile de préciser par quelques développements les caractères de la conductibilité observée.

Mode d'expérimentation. — On formait un circuit simple qui comprenait : 1° une source électrique; 2° deux disques métalliques entre lesquels est intercalée une feuille mince de mica, soit pleine, soit perforée; 3° un galvanomètre.

Les sources électriques employées ont été : un élément hydro-électrique, zinc, cuivre et sulfates (Daniell, d'environ 1 volt) ou zinc, cadmium et sulfates (environ $\frac{1}{3}$ de volt) et une pile thermo-électrique bismuth, argent, de 1 à 10 éléments (la force électromotrice d'un de ces éléments thermo-électriques était 0,004 volt dans les conditions de température du fonctionnement habituel des expériences actuelles).

La conductibilité pouvant devenir très forte et se produire très rapidement, des galvanomètres à aimants astatiques eussent été trop délicats; des galvanomètres à cadre mobile, sensibles et robustes, furent d'un emploi commode. Le moins sensible donnait une déviation égale à $1^{mm},66$ pour un dix-millionième d'ampère, sur une règle distante du miroir de $1^{m},20$; un deuxième était 15 fois plus sensible et un troisième 3000 fois plus sensible.

(¹) *Comptes rendus*, t. 161, 1915, p. 759.

L'ensemble des disques et de l'isolant était serré entre le piston et la plate-forme circulaire d'une presse verticale à gaz comprimé que j'ai décrite en 1912 et 1915. La plate-forme avait quelques millimètres d'épaisseur, elle était en aluminium ou en laiton et par la poussée du gaz elle s'élevait en glissant le long de tiges d'acier cylindroconiques. Une pression compensatrice était exercée de haut en bas par des poids de surcharge de valeurs connues, posés doucement sur la plate-forme pour éviter des chocs et consistant en anneaux d'aluminium, anneaux de laiton, cylindres pleins de laiton. Anneaux et cylindres avaient le même diamètre. Afin qu'ils fussent bien centrés sur l'axe de la pompe, une cavité circulaire de $2^{mm}$ à $3^{mm}$ de profondeur, de même diamètre que les poids et à fond plat, avait été creusée sur la face supérieure de la plate-forme; on y engageait un premier anneau et on lui superposait les autres à mesure du besoin.

Dans la plupart des opérations, les pressions qui soulevaient le piston de la pompe n'ont pas dépassé $10^{cm}$ de mercure, alors que la pression nécessaire pour soulever le poids seul du piston était presque égale à $6^{cm}$ de mercure. Un manomètre à bibromure d'éthylène permettait de régler la rapidité de l'action du gaz comprimé suivant un mode que j'ai déjà décrit.

Alors que la conductibilité n'avait pas été obtenue sous une pression assez forte, il suffisait quelquefois pour la déclencher de soulever brusquement une ou plusieurs des masses de la surcharge, ou encore, après avoir soulevé une masse, de la poser de nouveau et alors il était, dans certains cas, avantageux d'effectuer la nouvelle pose en excentrant légèrement le poids. La petite erreur de centrage déterminait, par le mode d'appui du disque métallique inférieur sur son support, un léger déplacement de la lentille convexe contre la surface de la cavité qu'elle remplissait. A ce déplacement correspondait un glissement auquel on pouvait peut-être attribuer la conductibilité observée. De pareils glissements exercent un effet analogue en magnétisme.

Les disques employés étaient ceux des expériences de 1915. Les diamètres ne sont plus seulement de $32^{mm}$ et de $25^{mm}$; pour faciliter l'étude de lames très minces dont on n'avait obtenu qu'une petite largeur par le clivage, les diamètres ont été réduits pour quelques disques à $18^{mm}$, $15^{mm}$, $12^{mm}$ et $10^{mm}$ et, même avec les petits diamètres, le poli optique avait été obtenu.

Des disques d'un même métal ayant été façonnés avec des échantillons différents, un *numéro d'ordre* gravé sur le bord de chaque disque donnait le moyen de le reconnaître et de le soumettre, s'il y avait lieu, à de nouvelles épreuves. Dans chaque expérience, on spécifiait quel était celui des deux

disques qui faisait corps avec la plate-forme, on l'appelait *supérieur*; le disque placé au-dessous, posé sur le piston, était dit *inférieur*.

Voici le détail de quelques observations, choisies pour signaler quelques particularités spéciales. Les particularités indiquées dans ces observations se sont produites fréquemment, plus ou moins accentuées.

I. *Platine* de $32^{mm}$ de diamètre, n° 1, *supérieur*. *Argent* étroit de $12^{mm}$ à sa face supérieure, n° 6, *inférieur*. La plate-forme en aluminium, épaisse de $6^{mm}$, est soulevée de $2^{mm}$, alors que le poids compensateur qu'elle supporte est de $1300^{g}$.

Le mica, très mince, interposé, a été percé avec une aiguille en acier très fine d'un trou central unique, dont le diamètre est d'environ $0^{mm},2$.

Après 1 heure de fermeture du circuit par un élément Daniell (1), il y a une forte déviation, le sens du courant étant tel que l'argent soit positif (relié au pôle positif de l'élément). Si l'on change ensuite le sens du courant pour que l'argent soit négatif, la déviation est nulle, elle redevient encore très forte pour le premier sens; les alternatives se reproduisent à des intervalles de temps quelconques, séparés par des périodes de repos où le circuit est ouvert. Lorsque la forte déviation, correspondant à l'argent positif, a lieu, tantôt elle se produit rapidement, tantôt elle est progressive et augmente par saccades.

Dans beaucoup de cas analogues, la différence entre les deux sens n'était pas aussi absolue; fréquemment aussi, la différence n'avait pas lieu; quelquefois aussi, avec des micas d'épaisseur comparable, et pour des conditions de surcharge et de courant qui paraissaient peu différer des précédentes, on n'avait aucune déviation ni dans un sens ni dans l'autre.

Lorsqu'il y avait déviation, la sensibilité au choc et la sensibilité à l'étincelle de haute fréquence, à distance, étaient toujours constatées.

II. Disque de *platine* de $32^{mm}$ de diamètre, n° 3, *supérieur*. Disque de *platine* étroit de $12^{mm}$ de diamètre à sa face supérieure, n° 12. Entre les deux, un mica percé de six trous de $0^{mm},3$, dont un central et cinq répartis sur une petite circonférence de $3^{mm}$ de rayon autour du trou central. La communication est établie avec dix éléments thermo-électriques; la plate-forme d'aluminium, épaisse de $6^{mm}$, est soulevée de $4^{mm}$ par la pression du gaz qui pousse le piston de la pompe. Après $1^{h}\,30^{m}$ de communication avec la pile, on donne un petit coup sur le socle de la pompe, une conductibilité presque complète s'établit et elle subsiste encore quand on ne laisse qu'un seul élément thermo-électrique dans le circuit, à peu près aussi forte que si le mica était supprimé.

Avec les mêmes disques et un autre mica très mince, percé comme le précédent, succédant immédiatement au précédent, la conductibilité a eu lieu sans choc.

---

(1) Dans plusieurs cas, la déviation n'a eu lieu qu'après 10 heures ou même 24 heures.

III. *Or* de $32^{mm}$ de diamètre, n° 2, *supérieur; argent* étroit de $12^{mm}$ de diamètre à sa face supérieure, n° 8, *inférieur;* entre les deux est placé un mica percé de trous d'aiguille très fins, un central et les autres en deux rangées circulaires; la communication est établie un soir avec un élément Daniell et laissée telle jusqu'au lendemain matin, il n'y a encore à ce moment aucune déviation, mais un très léger choc sur le socle produit une déviation extrêmement forte, on a aussi une forte déviation avec la pile thermo-électrique, sans pouvoir cependant la qualifier de complète, c'est-à-dire telle que si le mica était supprimé. Une étincelle à distance produit le retour au zéro. On alterne chocs légers et étincelles de haute fréquence, un choc produit la déviation et une étincelle qui suit ramène au zéro.

IV. *Argent* de $32^{mm}$ de diamètre, n° 7, *supérieur; argent* étroit de $12^{mm}$ de diamètre à sa face supérieure, n° 8, *inférieur;* entre les deux, un mica mince *sans trous percés*. La communication reste établie pendant 2 heures avec la pile thermo-électrique de dix éléments; la plate-forme d'aluminium épaisse de $6^{mm}$ a été élevée de $2^{mm}$ et laissée sans surcharge. Un faible choc sur le socle de la pompe établit une conductibilité qu'on peut dire complète et cette conductibilité subsiste avec un seul élément thermo-électrique. Une étincelle à distance ramène au zéro.

V. *Argent* de $32^{mm}$ de diamètre, n° 5, *inférieur;* argent étroit de $12^{mm}$ de diamètre à sa face externe, n° 6, *supérieur;* mica interposé, *sans trous percés* ni visibles à la vue ordinaire, d'une épaisseur uniforme, inférieure à 3 millièmes de millimètre. La source électrique est d'abord la pile thermo-électrique de dix éléments et il y a d'emblée une notable conductibilité. Avec un seul élément, on a au galvanomètre le moins sensible une déviation 150-98 (sans les disques, la déviation donnée par le courant qui traversait seulement le galvanomètre était 180). Par une étincelle à distance, il y a retour au zéro 98. Le circuit étant laissé fermé, la déviation remonte à 190 [le maximum, c'est-à-dire sans les disques, est 225 ([1])]. Par une étincelle à distance, chute à 98; un très faible choc sur le socle fait immédiatement remonter à 225. La plate-forme en aluminium, de $3^{mm}$ d'épaisseur, était très légère; elle était soulevée de $2^{mm}$ et elle n'était pas chargée.

J'ai cru remarquer, à plusieurs reprises, que des expériences effectuées à l'air libre comme l'ont été celles que j'ai présentées jusqu'ici, dans des conditions expérimentales qui semblaient peu différentes, étaient peut-être influencées par les conditions atmosphériques, aussi eût-il été préférable d'opérer dans une enceinte de verre fermée, sur un gaz sec, maintenu à une température constante. D'autre part le jeu de la pompe intervenant d'une façon incontestable, il faudrait que la viscosité du fluide qui lubrifie les parois du piston et du corps de pompe fût conservée invariable et afin de mieux assurer que le disque inférieur vienne toujours s'appliquer

([1]) La température du bain où plongeaient les soudures chaudes de la pile était croissante.

de la même manière contre le disque supérieur, il y aurait lieu de veiller encore à ce que, à son point de départ, le disque soulevé fût toujours à la même distance du disque de la plate-forme et que la vitesse d'approche des deux disques restât uniforme. Dans les circonstances présentes, il ne m'a été possible de parvenir encore à une installation aussi satisfaisante; d'ailleurs le temps n'est probablement pas encore venu de préciser toutes ces conditions puisque l'élément de régularité le plus essentiel, la constance de l'épaisseur de la lame isolante, en ses différents points de contact avec les disques, n'a pas été habituellement obtenue.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur la cristobalite.* Note de M. **Henry Le Chatelier.**

Dans une étude antérieure, j'ai signalé l'existence dans les briques, dites *de Dinas,* d'une variété de silice X, caractérisée par un point de transformation situé à la température de 215°. Cette transformation est accompagnée d'un changement brusque des dimensions linéaires égal à 1 pour 100. Tout en reconnaissant les analogies de cette variété avec la cristobalite, je n'avais pas cru pouvoir affirmer leur identité, parce que Mallard avait indiqué 175° pour le point de transformation de cette dernière. Je disais cependant :

« Cette variété de silice, que j'ai appelée *silice X*, se rapproche par son point de transformation de la cristobalite et lui est peut-être identique [1]. »

Depuis cette époque, des recherches plus précises faites aux États-Unis et en Allemagne ont montré que la température de transformation de la cristobalite était beaucoup plus élevée que ne l'avait indiqué Mallard; elle est de 225°, par conséquent identique à celle de la variété X. D'autre part, M. A. Lacroix a montré que l'indice de réfraction de la variété de silice des briques de Dinas était identique à celui de la cristobalite. Enfin, de nombreuses déterminations de densité de briques bien cuites, avec peu de quartz non transformé, ont donné des densités voisines de 2,35, c'est-à-dire presque exactement la densité de la cristobalite.

On peut donc affirmer aujourd'hui, comme je l'avais soupçonné dès le début de mes recherches, que la variété de silice X est bien identique à la cristobalite.

---

[1] *La silice* (*Rev. universelle des mines*, Liège, 5e série, t. I, 1912, p. 85) et *La silice et les silicates.* Paris, Hermann, édit., 1913, p. 236.

Jusqu'ici cependant, on n'avait pas signalé dans les produits artificiels de cristaux discernables de cristobalite, semblables à ceux qu'on a trouvés dans la nature, très rarement, il est vrai. J'ai eu récemment l'occasion d'examiner plusieurs cristallisations de cette variété de silice.

M. Bardonnet, directeur des cristalleries de Baccarat, m'a envoyé un fond de creuset renfermant du cristal partiellement dévitrifié. C'est un cristal alumineux, de la variété, dite *quinquet*, qui sert à la fabrication des verres de lampes de mines. Il commence à cristalliser dès qu'on le maintient quelques heures au voisinage de sa température de travail, soit vers 800°. Il se forme de petits sphérolites irréguliers de $1^{mm}$ à $3^{mm}$ de diamètre, constitués par de la cristobalite. La figure 1 montre, au grossissement de 50 diamètres, l'un des plus petits d'entre eux. La figure 2 donne

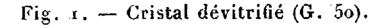


Fig. 1. — Cristal dévitrifié (G. 50).

Fig. 2. — Cristal dévitrifié (G. 200).

au grossissement de 200 diamètres les détails d'un autre sphérolite plus volumineux et mieux cristallisé.

En examinant un certain nombre de briques de silice venant de la démolition de vieux fours, j'ai observé dans l'une d'elles des cristaux assez bien formés, comme le montre la figure 3. Ces briques, formant la voûte d'un four de glacerie, avaient été fondues superficiellement par les vapeurs alcalines dégagées de la composition du verre. Les cristaux visibles dans la partie à demi fondue ont pu se développer et prendre des figures géométriques grâce à la présence d'une proportion importante de matière fondue.

Ces cristaux ont primitivement été constitués par de la cristobalite, mais ils se sont ultérieurement transformés en tridymite, comme cela a lieu à la longue pour toute la silice des briques fortement chauffées. La tridymite actuelle forme une infinité de petits cristaux juxtaposés dans l'enveloppe

Fig. 3. — Brique de four de glacerie (G. 200).

des anciens cristaux, sans aucun rapport avec leur forme géométrique extérieure. Les contours de ces petits cristaux de seconde formation sont accusés par les granulations visibles sur la photographie.

J'ai eu, en second lieu, entre les mains d'intéressants échantillons préparés par M. Bied, ingénieur aux usines du Teil, au cours d'études sur la fabrication des briques de silice. Des mélanges étaient constitués par l'addition, à du sable quartzeux, de quantités de fondants supérieures à celle qu'on emploie dans la fabrication normale, puis ils étaient chauffés à 1700°, de façon à provoquer une demi-fusion de la masse. Il se forme entre les grains de sable un verre fondu qui se sature de silice à chaud, puis la laisse cristalliser au refroidissement. Les cristaux ainsi formés se déposent autour des anciens grains de quartz, transformés par la chaleur en cristobalite. Ces cristaux présentent une double réfraction toujours très faible, souvent indiscernable; c'est bien là le caractère habituel de la cristobalite. Une section d'un cristal de l'épaisseur habituelle des lames minces donne seulement entre les nicols une coloration gris clair, dans les conditions les plus favorables, et n'en donne aucune quand il y a plusieurs

cristaux superposés dans l'épaisseur de la lame, ou même quand leur orientation diffère trop de celle de la double réfraction maxima.

Les figures 4, 5 et 6 montrent les apparences variées de cette cristallisa-

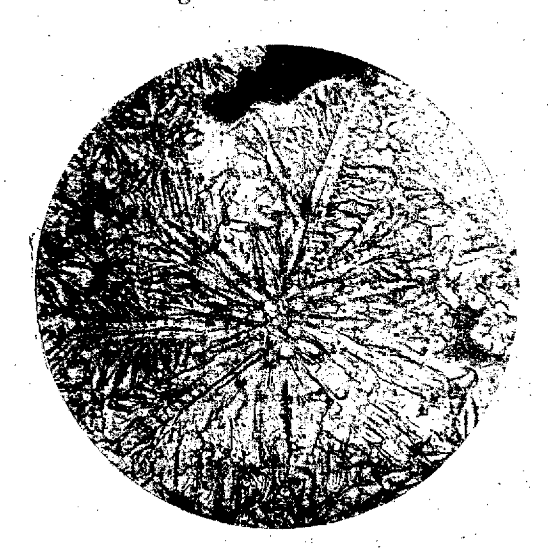


Fig. 4. — Fondant fluo-calcaire (G. 200).

Fig. 5. — Fondant alumino-calcaire (G. 200).

Fig. 6. — Fondant alcalino-ferrugineux (G. 200).

tion. Les formes extérieures des cristaux changent considérablement avec la nature des fondants employés.

L'abondance de ces cristaux montre comment, avec des proportions

moindres de fondant, tous les grains de quartz finissent par être soudés ensemble. C'est là la raison de la solidité des briques de silice. Dans la fabrication des briques cependant, le mécanisme de la cristallisation est différent de celui des expériences rapportées ici. Cette cristallisation ne se produit pas par simple refroidissement, mais au contraire à température constante, par un chauffage longtemps prolongé. La théorie de cette opération est exactement celle que j'ai donnée, il y a longtemps, pour le durcissement des mortiers hydrauliques. Le quartz, instable au-dessus de 800°, présente une solubilité dans le fondant plus grande que les variétés plus stables à la même température : tridymite et cristobalite. La solution saturée de quartz en un point laisse déposer aussitôt de la cristobalite. La solution n'étant plus alors saturée de quartz peut en redissoudre une nouvelle quantité, pour laisser de nouveau cristalliser la variété plus stable et ainsi de suite. Cette cristallisation à température constante soude entre eux les grains de silice non dissous.

D'après ces expériences, on peut affirmer que dans tous les cas la cristallisation *rapide* de silice à partir d'un verre fondu donne d'abord de la cristobalite. Mais cette variété n'est pas la plus stable. La tridymite, comme je l'ai montré depuis longtemps, est, aux températures élevées des fours à acier, l'étape définitive de la transformation des briques de silice. Le mécanisme de la formation de cette tridymite aux dépens de la cristobalite est le même que celui de la formation de cette dernière aux dépens du quartz. Étant plus stable, elle est moins soluble dans les fondants. Mais cette seconde transformation est beaucoup plus lente; elle demande des semaines, au lieu de jours, pour se produire complètement, parce que la différence entre les propriétés et, par suite, entre la solubilité des deux variétés à faible densité est bien moindre qu'entre ces variétés et le quartz.

J'avais admis qu'à toute température la cristobalite était métastable par rapport à la tridymite. Mais d'après les expériences de Fenner, au Geophysical Laboratory de Washington, la tridymite ne constituerait la phase la plus stable que jusqu'à la température de 1480°. Au-dessus de cette température et jusqu'au point de fusion, à 1780°, la cristobalite serait au contraire la phase stable [1].

Cette conclusion semble en contradiction avec le fait que dans les fours à acier, où la température est bien supérieure à 1480°, les briques de silice se

---

[1] *Stability relations of silica materials* (*Amer. J. of Science*, 4e série, t. 36, 1913, p. 383).

transforment intégralement en tridymite. Les expériences de Fenner prêtent d'ailleurs à une objection. Il chauffe de la tridymite ou de la cristobalite en présence d'un fondant, le tungstate de soude, et il note au refroidissement l'apparition de l'une ou l'autre des variétés de silice. A 1500° on voit, dans le cas du chauffage de la tridymite en présence de son fondant, se former une petite quantité de cristobalite et l'on en conclut à la non-stabilité de la tridymite à cette température. Mais il y a une autre explication plus vraisemblable du même fait. Le tungstate de soude saturé de silice à une température élevée laisse au refroidissement cristalliser, comme tous les fondants, de la cristobalite. Rien ne prouve que celle-ci se soit formée à la température la plus élevée de chauffage. De la même façon, si l'on chauffe de l'iodure rouge de mercure dans l'alcool bouillant, c'est-à-dire 50° au moins au-dessous du point de transformation de ce composé et si l'on refroidit assez rapidement, on trouve de petites quantités d'iodure jaune mêlé à l'iodure rouge. On n'en conclut pas que la

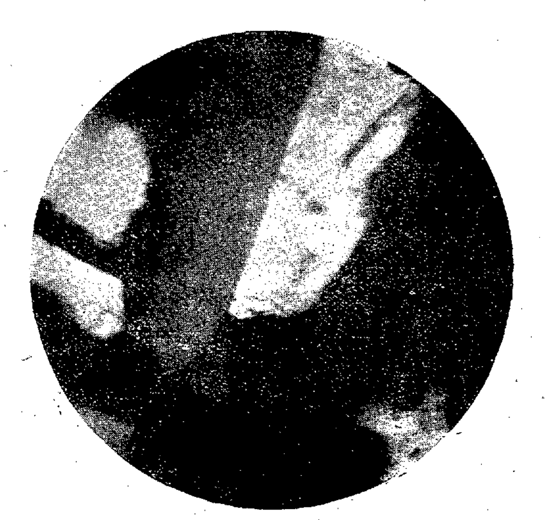


Fig. 7. — Brique de tridymite (G. 200).

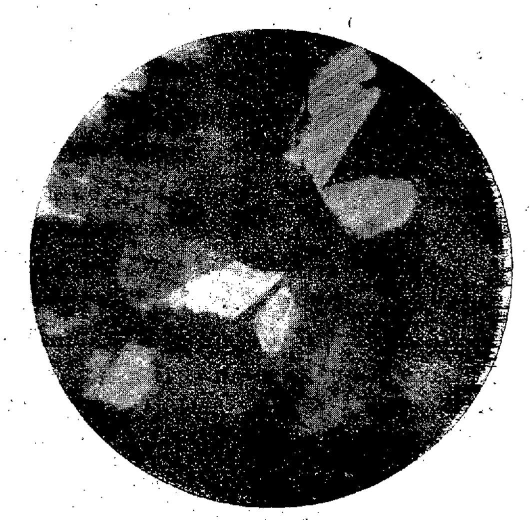


Fig. 8. — Brique de tridymite recuite à 1700° (G. 200).

température d'ébullition de l'alcool est supérieure à celle de transformation de l'iodure de mercure, qui est en réalité de 125°.

J'ai essayé de contrôler cette indication en chauffant à 1700° un fragment de brique complètement transformé en tridymite (*fig.* 7). Il aurait dû se former de la cristobalite. Or, en réalité, il n'y a eu aucun changement de la tridymite (*fig.* 8). Cette expérience n'est pourtant pas absolument décisive, parce que le chauffage prolongé 2 heures seulement peut n'avoir

pas été suffisamment long, en raison de la lenteur extrême avec laquelle se produisent toutes ces transformations de la silice. Il reste donc là un point douteux, qu'il serait très intéressant d'éclaircir d'une façon définitive.

PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Influence d'élévations thermiques faibles et brèves sur la marche des fermentations.* Note de MM. CHARLES RICHET et HENRY CARDOT.

I. Les innombrables auteurs qui ont étudié l'action de la chaleur sur la marche d'une fermentation ne se sont pas préoccupés, semble-t-il, de l'influence qu'a pu exercer l'application pendant un temps, même très court, d'une température modérément élevée.

Nous avons étudié l'effet des influences thermiques passagères, agissant sur le ferment lactique, et cela, d'après une technique et des méthodes qu'un de nous a précédemment exposées (1).

La principale difficulté de cette expérimentation tient à ce que, pour arriver à un degré de température qui sera nocif, les liqueurs fermentescibles doivent passer, pendant un temps qui n'est pas négligeable, par toutes les étapes thermiques comprises entre la température inactive et la température nocive. On peut, il est vrai, abréger ce temps en employant des tubes de verre à parois minces, qu'on plonge dans une grande masse liquide. Toutefois, malgré ces précautions, la détermination exacte des conditions expérimentales (en fonction du temps et de la température) comporte quelques incertitudes, de sorte que nous ne pouvons répondre ni d'une durée de 5 secondes, ni d'une variation thermique de 0°,5.

Pour apprécier l'activité et la vitalité du ferment, nous admettons qu'elles sont proportionnelles à la quantité d'acide lactique formé, autrement dit à l'acidité constatée par un dosage acidimétrique.

(Pour tous les chiffres que nous donnerons ici, nous supposerons que la quantité d'acide des liqueurs fermentantes, non soumises à l'action thermique et prises comme témoins, est de 100.)

II. Dans une première série d'expériences nous avons vu qu'après

(1) CHARLES RICHET, *De l'action de doses minuscules de substances sur la fermentation lactique* (*Travaux du Laboratoire de Physiologie*, t. 6, 1909, p. 294-372).

5 minutes de chauffe, à une température de 57° à 58°, il s'est produit une modification du ferment telle que l'acidité finale de la liqueur chauffée n'était que la moitié de l'acidité trouvée pour la liqueur normale.

| Nombre d'expériences (¹). | Moment de la fermentation. | Acidité moyenne. |
|---|---|---|
| IX | de la 15ᵉ à la 20ᵉ heure....... | 46,6 |
| X | de la 20ᵉ à la 24ᵉ heure...... | 49,0 |
| VII | de la 24ᵉ à la 40ᵉ heure...... | 43,8 |
| XXVI | (moyenne générale)........ | 46,8 |

On peut déduire de ces faits qu'une température de 57°,5 agissant durant 5 minutes diminue de 53 pour 100 l'activité d'un ferment, et que cette diminution d'activité reste à peu près identique pendant toute la durée de la fermentation.

III. Nous avons pu reculer aussi bien la durée de ce temps que l'intensité de la chaleur, et nous avons constaté encore un ralentissement notable, quoique évidemment moindre.

Dans seize expériences une application de chaleur de 55° pendant 5 minutes (au début de la fermentation) a ralenti de 25 pour 100 l'activité de la fermentation (acidité du ferment chauffé = 74,4).

Par un autre procédé que le titrage avec la burette, c'est-à-dire par les nuances de coloration ou de décoloration que donnent les liqueurs fermentantes rendues roses par la phénolphtaléine et la potasse, nous avons obtenu les chiffres suivants, montrant en toute netteté l'influence des applications, même très brèves, de chaleur modérée.

Dans un cas, la chaleur appliquée sur une fermentation, en pleine croissance, étant de 58°, en appelant 100 l'acidité des tubes non chauffés, on a trouvé (²) :

---

(¹) Chaque expérience comporte au moins deux dosages; mais, le plus souvent, nous en faisions quatre, toujours très concordants.

(²) On remarquera que ces chiffres ne représentent pas réellement, comme les précédents, les quantités d'acide lactique formé, mais bien des proportions acides arbitraires.

| Durée d'application de la chaleur. | Acidité. |
|---|---|
| m s | |
| 1. 0 | 93 |
| 1.30 | 74 |
| 2. 0 | 72 |
| 2.30 | 57 |
| 3. 0 | 52 |
| 3.30 | 47 |
| 4. 0 | 48 |
| 4.30 | 38 |
| 5. 0 | 5 |

Dans une autre expérience, la température de 54°, étant appliquée seulement pendant une demi-minute, a abaissé la fermentation de 100 à 76 : une température de 56° pendant une minute et demie l'a abaissée à 70. Dans cette même expérience, la température de 56°,5 nous a donné les chiffres suivants :

| Durée d'application de la chaleur. | Acidité (¹). |
|---|---|
| m m s | |
| De 2 à 2.30 | 68 |
| De 3 à 3.30 | 55 |
| De 4 à 4.30 | 63 |
| De 5 à 5.30 | 48 |
| De 6 à 6.30 | 54 |
| De 7 à 7.30 | 47 |

Dans une troisième expérience, prenant comme dans les précédentes une fermentation en pleine croissance, nous avons vu qu'une température de 52°, même pendant une demi-minute, exerce une action indiscutable.

| Durée d'application de la chaleur. | Acidité. |
|---|---|
| m s o | |
| Après 0.30 (52) | 62 |
| » 1.30 (55) | 32 |
| » 3 (56) | 25 |
| » 4 (56) | 10 |
| » 6 (56) | 0 |

Enfin, dans les deux expériences suivantes, la chauffe a été appliquée au début de la fermentation, et le dosage a été fait à la burette au bout de 24 heures.

(¹) Chaque expérience représente le dosage de 10 tubes.

Dans la première, sur 52 tubes n'ayant pas été chauffés à 54° plus de 1 minute 30 secondes, l'acidité étant de 100, nous avons eu pour 16 tubes chauffés de 2 minutes à 3 minutes 30 secondes à 54°, une acidité moyenne de 90.

La deuxième expérience a donné des résultats plus frappants, résumés dans le Tableau ci-dessous :

| Conditions d'application de la chaleur. | Acidité moyenne [1]. | |
|---|---|---|
| N'ayant subi aucune chauffe | 100 | |
| Chauffés jusqu'à 53°,5 seulement | 87,8 | |
| Chauffés à 54° de 0m,5 à 1m | 86,5 | |
| » de 1 à 2 | 81,7 | |
| » de 2 à 3 | 78 | |
| » de 3 à 4 | 69,5 | 72,3 |
| » de 4 à 5 | 73,1 | |
| » de 5 à 6 | 70,7 | 65,8 |
| » de 6 à 7 | 60,9 | |
| » de 7 à 8 | 65,8 | |

Ainsi, il est démontré par ces faits qu'on peut, au moins pour le ferment lactique, diminuer notablement l'intensité de la fermentation par des applications de chaleur voisines de 54° et ne durant qu'une ou deux minutes.

IV. Dans les expériences précédentes, il n'a été question que d'une application unique de chaleur, effectuée soit au début, soit au cours de la fermentation. Or le ralentissement apporté par l'action thermique brève au développement normal du processus de fermentation, devient tout à fait remarquable lorsqu'on soumet le liquide fermentant à des chauffes répétées. Dans ces conditions, comme le montre l'expérience suivante, des applications successives de chaleur (53°,5 pendant 5 minutes) ont empêché presque complètement la fermentation.

| | Acidité à différents moments de la fermentation. | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1° en chiffres absolus. | 13h30m. | 20h30m. | 38h30m. | 44h30m. | 62h30m. |
| Tubes n'ayant subi aucune chauffe | 0,4 | 3,8 | 14,9 | 22,2 | 21,5 |
| Tubes chauffés une seule fois (54° pendant 5 minutes) | 0 | 1,2 | 12,4 | 15,7 | 16,6 |
| Tubes ayant subi cinq chauffes successives de 54° pendant 5 minutes | 0 | 1 | 1,7 | 1,9 | 1,9 |

(1) A l'exception des deux premiers chiffres qui correspondent à quatre dosages, tous les chiffres donnés correspondent à huit dosages.

En faisant les témoins égaux à 100, on trouve :

| 1° en chiffres centésimaux. | Acidité à différents moments de la fermentation. | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Tém. = 100. | 13h30m. | 20h30m. | 38h30m. | 44h30m. | 62h30m. |
| Tubes chauffés une seule fois | 0 | 31 | 83 | 71 | 77 |
| Tubes chauffés cinq fois | 0 | 26 | 11 | 9 | 9 |

V. Il nous a paru aussi que des liqueurs antiseptiques faibles subissaient par le fait d'une chaleur brève et modérée un accroissement intense de leur puissance antiseptique. Nous avons déjà à ce sujet de nombreuses expériences qui feront l'objet d'une prochaine Communication.

VI. Mais nous pouvons, d'ores et déjà, déduire de nos observations pour la thérapeutique chirurgicale (c'est-à-dire pour le pansement des plaies) des indications précises.

Remarquons tout d'abord que les ferments pathogènes sont, presque sans exception, plus fragiles que le ferment lactique, et que, par conséquent, il est vraisemblable qu'ils seront, plus encore que le ferment lactique, susceptibles d'être atténués dans leur action par ces faibles influences thermiques.

Remarquons encore que la température de 52°, et même celle de 54°, est supportable à la peau pendant plus d'une demi-minute; à plus forte raison, cette température sera-t-elle bien tolérée par les plaies, car la peau est de tous les organes le plus sensible à l'action de la chaleur. L'un de nous (¹) a d'ailleurs antérieurement montré qu'on pouvait injecter, dans le péritoine ou dans la plèvre, de l'eau à 58° sans provoquer de douleur et de réaction, pourvu que la quantité du liquide chaud injecté ne soit pas trop forte (²).

Assurément on trouverait, dans la pratique de certains chirurgiens, l'usage de liquides très chauds employés pour l'irrigation des plaies; mais

(¹) CHARLES RICHET, *Innocuité des injections très chaudes dans le péritoine* (*Bulletin de la Société de Biologie*, t. 49, 1897, p. 640); *Innocuité des injections d'eau chaude dans la plèvre et dans le poumon* (*Ibid.*, t. 49, 1897, p. 697).

(²) En protégeant la peau saine par un enduit de vaseline refroidie, on peut, sans qu'il y ait de douleur, faire un lavage avec de l'eau à 54° ou 55° pendant près d'une minute. Quant aux bourgeons charnus des plaies, ils supportent, sans que le malade en soit incommodé, des irrigations très chaudes aussi. Il faudra, d'ailleurs, toujours s'assurer que l'eau arrive à une température suffisamment élevée; car elle se refroidit rapidement par les tubes et drains de lavage. Un dispositif très simple permettra de connaître exactement la température de l'eau qui sort par le tube.

jamais ces méthodes exceptionnelles n'ont été généralisées ou codifiées. Pourtant, d'après ce que nous venons de voir, en effectuant à quelques heures d'intervalle des irrigations par des liquides aussi chauds que la plaie peut les supporter, on doit arriver à la stérilisation rapide des plaies les plus infectées.

Ajoutons que cet effet atténuateur des brèves températures se prolonge pendant très longtemps. Une de nos expériences les plus nettes a porté sur des liqueurs qui n'ont commencé à fermenter que 48 heures après l'application de la chaleur.

Aussi croyons-nous devoir très fortement insister sur cette extrême susceptibilité des végétaux microbiens aux actions thermiques, même minimes.

Cette action des chaleurs brèves et modérées, si intéressante au point de vue de la biologie générale, est bien importante donc au point de vue des applications à la chirurgie pratique et à la chirurgie de guerre d'aujourd'hui.

Il sera permis à des physiologistes d'appeler l'attention des chirurgiens sur ces faits.

HYDRAULIQUE. — *Au sujet des coups de bélier dans une conduite forcée, formée de deux sections de diamètres différents.* Note de M. DE SPARRE.

J'ai précédemment (¹), pour le cas d'une fermeture brusque, examiné le cas d'une conduite formée de trois ou de deux sections de diamètres différents, dans le cas où la durée de propagation est la même pour les différentes sections. Je me propose, dans ce qui va suivre, d'examiner le cas d'une conduite formée de deux sections de longueur quelconque et pour une loi de fermeture également quelconque.

Soient : $l$, $d$ et $a$ la longueur, le diamètre et la vitesse de propagation, pour la section voisine du distributeur; $l'$, $d'$, $a'$ les mêmes quantités pour la section voisine de la prise d'eau ; $\lambda$ le rapport de la surface ouverte du distributeur, à un instant quelconque, à celle correspondant à l'ouverture complète ; $v_1$ la vitesse de régime dans la première section voisine du distributeur, lorsqu'il est complètement ouvert; $v$ cette vitesse à un instant quelconque.

(¹) *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 1521, et *Rapport au deuxième Congrès de la Houille blanche.*

Si $y$ est la pression en hauteur d'eau, on a, comme on sait (¹), en un point situé à une distance $x$ du distributeur,

$$(1) \qquad y = y_0 + F\left(t - \frac{x}{a}\right) - f\left(t + \frac{x}{a}\right),$$

$$(2) \qquad v = \lambda_0 v_1 - \frac{g}{a}\left[F\left(t - \frac{x}{a}\right) + f\left(t + \frac{x}{a}\right)\right].$$

Si $\xi(t)$ désigne le coup de bélier au distributeur, qui est égal à $y - y_0$, on aura en ce point

$$v = \lambda v_1 \sqrt{1 + \frac{\xi(t)}{y_0}},$$

ou, avec une approximation suffisante, si le coup de bélier ne dépasse pas environ la moitié de la pression statique,

$$(3) \qquad v = \lambda v_1 \left(1 + \frac{\xi(t)}{2y_0}\right).$$

En faisant alors $x = 0$ dans les équations (1) et (2), tenant compte de la relation (3) et posant de plus

$$(4) \qquad \rho = \frac{a v_1}{2 y_0};$$

on aura

$$(5) \qquad F(t) = \rho y_0 [\lambda_0 - \lambda(t)] + \frac{1}{2}\xi(t)[1 - \rho\lambda(t)],$$

$$(6) \qquad f(t) = \rho y_0 [\lambda_0 - \lambda(t)] - \frac{1}{2}\xi(t)[1 + \rho\lambda(t)].$$

D'une façon semblable, si $y'$ et $v'$ désignent la pression en hauteur d'eau et la vitesse, en un point de la seconde section, voisine de la prise d'eau, on aura

$$(7) \qquad y' = y_0 + F'\left(t - \frac{x'}{a'}\right) - f'\left(t + \frac{x'}{a'}\right),$$

$$(8) \qquad v' = \lambda_0 v'_1 - \frac{g}{a'}\left[F'\left(t - \frac{x'}{a'}\right) + f'\left(t + \frac{x'}{a'}\right)\right].$$

D'ailleurs, la pression doit être la même à la jonction (²), qu'elle soit exprimée par la formule (1) pour $x = l$, ou par la formule (7) pour $x' = 0$.

---

(¹) En vertu de la théorie de M. Allievi.

(²) Ceci n'est qu'approché, car toute variation de vitesse, s'il n'y a pas de perte de charge, entraîne une variation de pression; mais, pour le cas actuel, cette variation est complètement négligeable.

Si, par suite, on pose

(9) $$\theta = \frac{2l}{a},$$

on aura

(10) $$F\left(t-\frac{\theta}{2}\right) - f\left(t+\frac{\theta}{2}\right) = F'(t) - f'(t).$$

On aura de plus, par l'équation de continuité, pour deux points des deux sections, voisins de la jonction,

(11) $$vs = v's', \qquad v_1 s = v'_1 s'.$$

Ces équations, si l'on pose de plus

(12) $$\alpha = \frac{a's}{as'},$$

donneront, en tenant compte de l'équation (8) ou l'on fait $x' = 0$ et de l'équation (2) où l'on fait $x = l$,

(13) $$\alpha\left[F\left(t-\frac{\theta}{2}\right) + f\left(t+\frac{\theta}{2}\right)\right] = F'(t) + f'(t).$$

D'ailleurs, pour $x' = l'$, l'équation (7) donne $y' = y_0$. On doit donc, si l'on pose

(14) $$\theta' = \frac{2l'}{a'},$$

avoir

$$F'\left(t-\frac{\theta'}{2}\right) - f\left(t+\frac{\theta'}{2}\right) = 0,$$

ou, en changeant $t$ en $t - \frac{\theta'}{2}$,

(15) $$f'(t) = F'(t-\theta').$$

Nous déduirons alors des équations (10), (13) et (15)

(16) $$F'(t) = \frac{1+\alpha}{2} F\left(t-\frac{\theta}{2}\right) - \frac{1-\alpha}{2} f\left(t+\frac{\theta}{2}\right),$$

(17) $$F'(t-\theta') = \frac{1+\alpha}{2} f\left(t+\frac{\theta}{2}\right) - \frac{1-\alpha}{2} F\left(t-\frac{\theta}{2}\right).$$

Nous remarquerons d'abord que, du moment qu'on suppose que l'oscil-

lation qui se produit est l'oscillation fondamentale, on a

$$f(t) = 0 \quad \text{pour } t \leqq \theta.$$

On a donc pour la première période de durée $\theta$, en vertu de (6),

$$\xi(t) = 2\rho y_0 \frac{\lambda_0 - \lambda(t)}{1 + \rho\lambda(t)}. \tag{18}$$

Pour la même raison, pour $\frac{\theta}{2} < t \leqq \theta' + \frac{\theta}{2}$, on a

$$F'(t - \theta') = 0,$$

et l'équation (17) donne par suite

$$(1 + \alpha) f\left(t + \frac{\theta}{2}\right) - (1 - \alpha) F\left(t - \frac{\theta}{2}\right) = 0.$$

Si, par suite, on pose

$$\mu = \frac{1 - \alpha}{1 + \alpha}, \tag{19}$$

et si, dans l'équation précédente on change $t$ en $t - \frac{\theta}{2}$, on aura, pour $\theta \leqq t < \theta + \theta'$,

$$f(t) - \mu F(t - \theta) = 0.$$

Remplaçons dans cette relation $f(t)$ et $F(t - \theta)$ par leurs valeurs tirées de (5) et (6) : nous aurons, pour $\theta < t \leqq \theta + \theta'$,

$$\xi(t) = 2\rho y_0 \frac{\lambda_0 - \lambda(t) - \mu[\lambda_0 - \lambda(t - \theta)]}{1 + \rho\lambda(t)} + \mu\xi(t - \theta)\frac{1 - \rho\lambda(t - \theta)}{1 + \rho\lambda(t)}. \tag{20}$$

Les formules (18) et (20) permettent de calculer de proche en proche le coup de bélier pour $t \leqq \theta + \theta'$.

Supposons maintenant $t > \theta + \theta'$. Si, dans la formule (16), nous changeons $t$ en $(t - \theta')$ et si nous égalons la valeur de $F(t - \theta')$ ainsi obtenue à sa valeur (17), nous aurons, en tenant compte de (19),

$$F\left(t - \theta' - \frac{\theta}{2}\right) - \mu f\left(t - \theta' + \frac{\theta}{2}\right) = f\left(t + \frac{\theta}{2}\right) - \mu F\left(t - \frac{\theta}{2}\right).$$

Si, dans cette formule, nous changeons $t$ en $t - \frac{\theta}{2}$, nous aurons, pour $t > \theta + \theta'$,

$$f(t) - F(t - \theta' - \theta) + \mu f(t - \theta') - \mu F(t - \theta) = 0.$$

Si, dans cette formule, nous remplaçons $f$ et $F$ par leurs valeurs (5)

et (6), nous aurons

$$
(21)\quad \left\{ \begin{aligned}
\xi(t) &= 2\rho y_0 \frac{\lambda(t-\theta-\theta') - \lambda(t) + \mu\lambda(t-\theta) - \mu\lambda(t-\theta')}{1+\rho\lambda(t)}, \\
&- \frac{1-\rho\lambda(t-\theta-\theta')}{1+\rho\lambda(t)}\xi(t-\theta-\theta') \\
&- \mu\frac{1+\rho\lambda(t-\theta')}{1+\rho\lambda(t)}\xi(t-\theta') - \mu\frac{1-\rho\lambda(t-\theta)}{1+\rho\lambda(t)}\xi(t-\theta),
\end{aligned} \right.
$$

formule absolument générale qui, quelle que soit la loi d'ouverture ou de fermeture, permet de calculer le coup de bélier à un instant quelconque, pour $t > \theta + \theta'$.

THERMODYNAMIQUE. — *Sur une forme de la fonction de la température dans l'équation d'état de Clausius.* Note de M. E. Ariès.

Clausius a été amené à donner, pour l'acide carbonique, la forme $\frac{K}{T}$ à la fonction $\varphi(T)$ de son équation [1]. Sarrau a étendu l'emploi de la même fonction à l'oxygène, l'azote, le méthane et l'éthylène, et a pu calculer les valeurs des constantes K, $\alpha$, $\beta$, de façon à bien représenter la compressibilité des cinq gaz, d'après les expériences très étendues d'Amagat. Ces premiers résultats ont conduit à attribuer une importance réelle à l'équation de Clausius ainsi précisée, et à la regarder comme suffisamment approchée pour tous les corps.

Il est cependant bien certain que la formule plus générale

$$
(1)\qquad p = \frac{RT}{v-\alpha} - \frac{K}{T^n(v+\beta)^2},
$$

la détermination de l'exposant $n$ étant laissée à l'expérimentation, sera plus apte à donner une représentation satisfaisante des faits observés. Cette généralisation, loin de compliquer la recherche de l'équation la plus convenable pour chaque corps, simplifie au contraire le problème, tout en lui assurant une solution plus exacte.

Les variables réduites sont, dans ce cas,

$$
(2)\qquad x = \frac{27\gamma R}{8K}T^{n+1}, \qquad y = \frac{v-\alpha}{\gamma}, \qquad z = \frac{8\gamma}{R}\frac{p}{T}.
$$

[1] Voir pour les notations et formules notre précédente Note (*Comptes rendus*, t. 163, 1916, p. 737).

Ces relations donnent, pour le point critique ($T_c$, $v_c$, $P_c$),

$$(3)\qquad 1 = \frac{27\gamma R}{8K} T_c^{n+1}, \qquad 2 = \frac{v_c - \alpha}{\gamma}, \qquad 1 = \frac{8\gamma}{R}\frac{P_c}{T_c},$$

et les variables réduites peuvent se mettre sous les formes

$$(4)\qquad x = \left(\frac{T}{T_c}\right)^{n+1}, \qquad y = 2\frac{v - \alpha}{v_c - \alpha}, \qquad z = \frac{p}{P_c}\frac{T_c}{T} = \frac{p}{P_c} x^{-\frac{1}{n+1}}.$$

La formule qui donne la chaleur de vaporisation devient

$$(5)\qquad \frac{L}{T} = R \log \frac{v_1 - \alpha}{v_2 - \alpha} - \frac{nK}{T^{n+1}}\left(\frac{1}{v_1 + \beta} - \frac{1}{v_2 + \beta}\right),$$

soit, en fonction des variables réduites,

$$\frac{L}{RT} = \lambda - \frac{27n}{8x}\left(\frac{1}{y_1 + 1} - \frac{1}{y_2 + 1}\right).$$

Cette dernière formule permet de calculer simplement, à l'aide de la Table de Clausius, la valeur de la constante $n$ la plus convenable pour un corps dont on connaît seulement la température critique et quelques chaleurs de vaporisation, sans qu'on ait à se soucier de la valeur à attribuer aux constantes $\alpha$, $\beta$, K dans l'équation d'état qu'on cherche à établir. Après l'essai de quelques exposants, et par des approximations successives, on aura vite trouvé la valeur de $n$ qui donne l'accord le plus satisfaisant entre les valeurs de L calculées et observées.

Quand on connaîtra, en outre, la pression critique et la tension de la vapeur saturée pour quelques températures, on pourra contrôler la valeur assignée à $n$, en se servant de la troisième formule (4) qui donne

$$P = \frac{P_c}{T_c} TZ,$$

la valeur de Z étant celle à prendre dans la Table de Clausius, et qui correspond à la valeur de $x = \left(\frac{T}{T_c}\right)^{n+1}$.

Le nombre $n$ étant ainsi fixé, on pourra tirer des formules (3) les valeurs de K et de $\gamma$, qui sont

$$K = \frac{27}{64} R^2 T_c^{n+1}, \qquad \gamma = \frac{RT_c}{8P_c}.$$

Cette méthode, qui permet de déterminer séparément les constantes de l'équation (1), est évidemment supérieure à celle dont on s'est servi jusqu'ici.

Il est à présumer qu'elle n'aurait pas donné pour les cinq gaz, oxygène, azote, acide carbonique, méthane et éthylène, à la fonction $\varphi$, la forme $\frac{K}{T}$ que Sarrau s'était imposée, *a priori*, et qui est encore aujourd'hui considérée comme applicable à tous les corps. Il est à prévoir, au contraire, que les corps doivent être classés en *séries* pour lesquelles l'exposant $n$ serait le même.

La séparation de $\gamma$ en ses deux parties $\alpha$ et $\beta$ offre des difficultés. La deuxième des formules (3) donne bien pour le *covolume* $\alpha$

$$\alpha = v_c - 2\gamma = v_c - \frac{RT_c}{4P_c}.$$

Mais la détermination de $v_c$ par l'observation est, en général, incertaine, et vient fausser la valeur toujours très petite de $\alpha$. Si l'on pose $v_c = N\alpha$, la formule précédente établit entre les trois données critiques la relation

$$(6) \qquad \frac{P_c v_c}{T_c} = \frac{N}{4(N-1)} R.$$

Suivant qu'on pose $\beta = 0$ avec Van der Waals, ou $\alpha = 0$, $N = 3$ ou devient infini, et l'on a, suivant le cas,

$$\frac{P_c v_c}{T_c} = \frac{3}{8} R, \qquad \frac{P_c v_c}{T_c} = \frac{1}{4} R.$$

Pour tout partage de $\gamma$ en deux parties positives, $\frac{P_c v_c}{T_c}$ reste compris entre ces deux limites et ne varie que de $\frac{1}{8}$R. C'est ce qui explique que Clausius d'abord, Sarrau plus tard et d'autres savants aient signalé le peu d'importance que pouvait avoir une évaluation bien exacte du covolume dans les équations d'état, et nous avons vu, plus haut, que toute erreur sur ce point était sans influence dans l'étude des vapeurs saturées.

Les trois formules (4) peuvent s'écrire

$$(7) \qquad \frac{T}{T_c} = x^{\frac{1}{n+1}}, \qquad \frac{v}{v_c} = \frac{(N-1)y + 2}{2N}, \qquad \frac{p}{P_c} = x^{\frac{1}{n+1}} z.$$

Si l'on fait, comme Van der Waals, $\beta = 0$, c'est-à-dire $N = 3$, on aura $\frac{v}{v_c} = \frac{y+1}{3}$, et les trois formules ci-dessus expriment qu'à une même valeur des variables réduites, $\frac{T}{T_c}$, $\frac{p}{P_c}$ et $\frac{v}{v_c}$ ont la même valeur pour tous les corps *d'une même série*.

C'est la loi fondamentale de Van der Waals sur les états correspondants. Il n'avait pu la formuler en séparant les corps en groupes d'une même série, parce qu'il supposait que tous les corps appartenaient à une seule série correspondant à $n = 0$, et qui ne comprend, vraisemblablement, que les corps monoatomiques.

Cette belle loi des états correspondants a donné lieu à tant de déductions confirmées par l'expérience, qu'on ne saurait la révoquer en doute : ce qui conduit à cette conclusion que si, dans l'équation (1), $\beta$ n'est pas à supposer nul, comme dans l'hypothèse qui vient d'être faite, il doit être avec $\alpha$ dans un rapport tel qu'à chaque valeur de $n$ corresponde une seule valeur de N, car alors, et alors seulement, à une valeur déterminée des variables réduites correspondra, d'après les équations (7), pour $\frac{v}{v_c}$, comme pour $\frac{T}{T_c}$ et pour $\frac{p}{P_c}$, une seule valeur applicable à tous les corps de la série, et la loi de Van der Waals sur les états correspondants sera observée.

N serait donc une fonction de $n$, et, d'après la formule (6), $\frac{P_c v_c}{T}$ aurait, pour tous les corps d'une même série, une valeur unique comprise entre $\frac{3}{8}$R et $\frac{1}{4}$R, ce qu'on peut admettre jusqu'à plus ample information, vu la difficulté d'une vérification par l'expérience, difficulté qui est bien faite pour autoriser cette hypothèse.

Mais la détermination de l'exposant $n$ est plus à notre portée pour un grand nombre de corps, et sans qu'il soit nécessaire de recourir à des expériences nouvelles. On trouvera, au *Recueil des Constantes physiques*, tous les éléments nécessaires à cette détermination qui conduira, sans doute, à des résultats intéressants.

## CHIMIE PHYSIQUE. — *Homogénéité de dilatation de l'invar.* Note de M. Ch.-Éd. Guillaume.

Le minimum par lequel passe la dilatabilité des ferro-nickels est très accentué, de telle sorte que les écarts de la teneur par rapport à celle de l'invar proprement dit amènent rapidement à des valeurs sensiblement plus élevées de $\alpha$. Les additions d'autres métaux ou métalloïdes, dont plusieurs (Mn, C, Si) sont nécessaires à l'obtention d'alliages forgeables, élèvent le minimum lui-même, et, comme on ne peut jamais régler exacte-

ment la composition d'une coulée industrielle, la dilatabilité varie de façon appréciable d'une coulée à l'autre. Il est donc nécessaire, pour l'usage des arts et des sciences de précision, de déterminer par une expérience directe la dilatabilité d'un échantillon prélevé sur chaque coulée.

On peut même se demander si une semblable détermination, faite sur un échantillon, suffit à caractériser parfaitement une coulée, puisque la dilatabilité dépend non seulement de la composition, mais aussi, dans une large mesure, du traitement subi par un morceau donné d'invar.

La réponse à cette double question est fort importante pour une foule d'applications; j'en mentionnerai trois, parmi les plus fréquentes :

1° La détermination de la dilatabilité d'une règle géodésique de $4^m$ de longueur est une opération très pénible et coûteuse; on la remplace donc, autant qu'il est possible, par une détermination faite sur une règle de $1^m$ de longueur, prise dans le même lingot, et soumise au même traitement;

2° L'établissement, en grandes séries, des pendules à tige d'invar, est rendue très simple et très économique par l'application, à un grand nombre d'instruments, d'une compensation identique, réglée sur une tige issue de la même opération métallurgique;

3° Pour les usages de la géodésie, on tréfile de manière uniforme les coulées d'invar les mieux réussies, et l'on étudie, sur un ou plusieurs échantillons de fil, la dilatabilité, dont la valeur est ensuite appliquée à la réduction de toutes les observations faites au moyen des fils de même origine.

Pour les fils, une circonstance accessoire vient compliquer le problème. En effet, tant qu'il s'agit de pièces de dimensions notables, l'hétérogénéité locale peut se fondre dans une homogénéité moyenne, conduisant à réaliser l'identité des propriétés globales; si, au contraire, les échantillons sont de faibles dimensions, l'hétérogénéité locale demeure apparente, et intervient dans les résultats des observations. Ainsi, pour les spiraux des montres, dont l'épaisseur est de l'ordre du centième de millimètre, les écarts de composition sont bien évidents. Pour les fils géodésiques, dont le diamètre est de l'ordre du millimètre, la question qui se pose ne peut être résolue que par une recherche directe.

Mes expériences relatives à l'invar naturel ont porté sur des prises faites sur deux coulées, l'une au creuset, de $300^{kg}$ environ, l'autre au four, de $6000^{kg}$, réalisées toutes deux à Imphy. Des tiges issues de lingots diffé-

rents, obtenus au moyen de ces coulées, ont été étudiées au comparateur, entre 0° et 38°. Dans les deux cas, la dilatation totale a été trouvée, entre ces limites, tellement semblable, qu'on est obligé d'admettre, dans les expériences, une part d'heureuse chance.

Pour les fils, j'ai prélevé des échantillons sur quatorze couronnes, de quelques centaines de mètres chacune, provenant d'une même coulée, et tréfilées dans une même opération, puis étuvées ensemble.

Pour l'étuvage, les fils géodésiques sont enroulés sur une chaudière spéciale, dans laquelle l'eau est d'abord maintenue en ébullition pendant quelques jours, puis refroidie graduellement pendant trois mois environ. Le tout est convenablement isolé vers l'extérieur.

Dans l'opération actuelle, les fils formaient neuf couches successives, comptées de l'intérieur à l'extérieur; la couche n° 1 était en contact direct avec la chaudière.

*Résultats.*

| Échantillon. | Couche. | $\alpha_{20}$. | Échantillon. | Couche. | $\alpha_{20}$. |
|---|---|---|---|---|---|
| 1........ | 10 | $+0,08.10^{-6}$ | 8........ | 5 | $+0,08.10^{-6}$ |
| 2........ | 9 | 0,00 | 9........ | 4 | +0,06 |
| 3........ | 8 | +0,10 | 10........ | 4 | +0,11 |
| 4........ | 8 | +0,13 | 11........ | 3 | +0,03 |
| 5........ | 7 | +0,10 | 12........ | 3 | +0,03 |
| 6........ | 7 | +0,05 | 13........ | 2 | +0,04 |
| 7........ | 6 | +0,03 | 14........ | 1 | +0,12 |
| Moyenne.... | | $+0,07.10^{-6}$ | Moyenne.... | | $+0,07.10^{-6}$ |

Les moyennes ont été faites séparément sur les valeurs correspondant aux fils des cinq couches intérieures et des cinq couches extérieures, afin d'examiner la possibilité d'une hétérogénéité d'étuvage, nettement contredite par l'identité des résultats moyens.

Les écarts individuels excèdent certainement les erreurs possibles des mesures, qui mettent ainsi en évidence une très faible hétérogénéité de dilatation; cependant, les différences sont si petites que, si l'on adopte la valeur moyenne, l'erreur maxima resterait sensiblement inférieure au millionième pour une variation de la température de 10 degrés en plus ou en moins de la température de définition. L'écart probable des dilatabilités n'est que de $\pm 0,02.10^{-6}$; l'erreur probable pour une variation de 10 degrés dans la température est, par conséquent, de 2 dix-millionièmes seulement.

En résumé, malgré les causes multiples qui agissent sur la dilatabilité

de l'invar, on est parvenu, par des opérations bien conduites, à une hémogénéité permettant, même pour des mesures très précises, d'admettre l'identité entre l'échantillon que l'on étudie et celui que l'on utilisera.

PHYSIOLOGIE. — *Production expérimentale d'extrasystoles ventriculaires rétrogrades et de rythme inverse, par inversion de la conduction des excitations dans le cœur.* Note ([1]) de MM. **J.-P. Morat** et **Petzetakis.**

On donne le nom d'*extrasystoles* à des contractions du cœur, qui se produisent hors de son rythme normal. Elles manifestent l'existence d'excitations survenant à des moments sans rapport régulier avec la périodicité habituelle de ses battements. Expérimentalement on les produit, comme l'a montré le premier Marey, en distribuant sur la surface du cœur des chocs d'induction ou des piqûres de pointes d'aiguilles qu'on fait agir dans l'intervalle des systoles ordinaires.

L'excitation de l'oreillette produit une systole auriculaire. L'excitation du ventricule produit une systole ventriculaire. L'excitation de l'oreillette, en se propageant au ventricule d'après les lois ordinaires de la conduction, produira secondairement une extrasystole de ce dernier, qui, par rapport à la systole normale antécédente, se comporte chronologiquement comme la systole auriculaire par rapport à la précédente. La transmission de deux contractions (l'une normale, l'autre extra-normale) se faisant sensiblement avec la même vitesse, le retard de la seconde sur la première sera le même pour les deux cavités. Tout ceci bien connu étant rappelé, si l'on excite le ventricule, que se passera-t-il du côté de l'oreillette? Nous avons réalisé l'expérience dans des conditions particulières, qui donnent au phénomène une grande évidence et qui pour cette raison nous paraissent mériter d'être signalées.

Nous avons opéré sur des chiens, auxquels la moelle épinière avait été préalablement sectionnée au niveau de la septième vertèbre cervicale, ou même la première dorsale. On voit alors que l'animal, en dehors d'autres phénomènes, présente une baisse de la température (elle peut tomber en quelques heures à 20°-18°), en même temps que différents troubles du rythme, parmi lesquels le phénomène du ralentissement du pouls prédomine. On observe aussi une lenteur marquée de la respiration. Le cœur peut continuer à battre après la poitrine ouverte. Le rythme cardiaque

([1]) Séance du 4 décembre 1916.

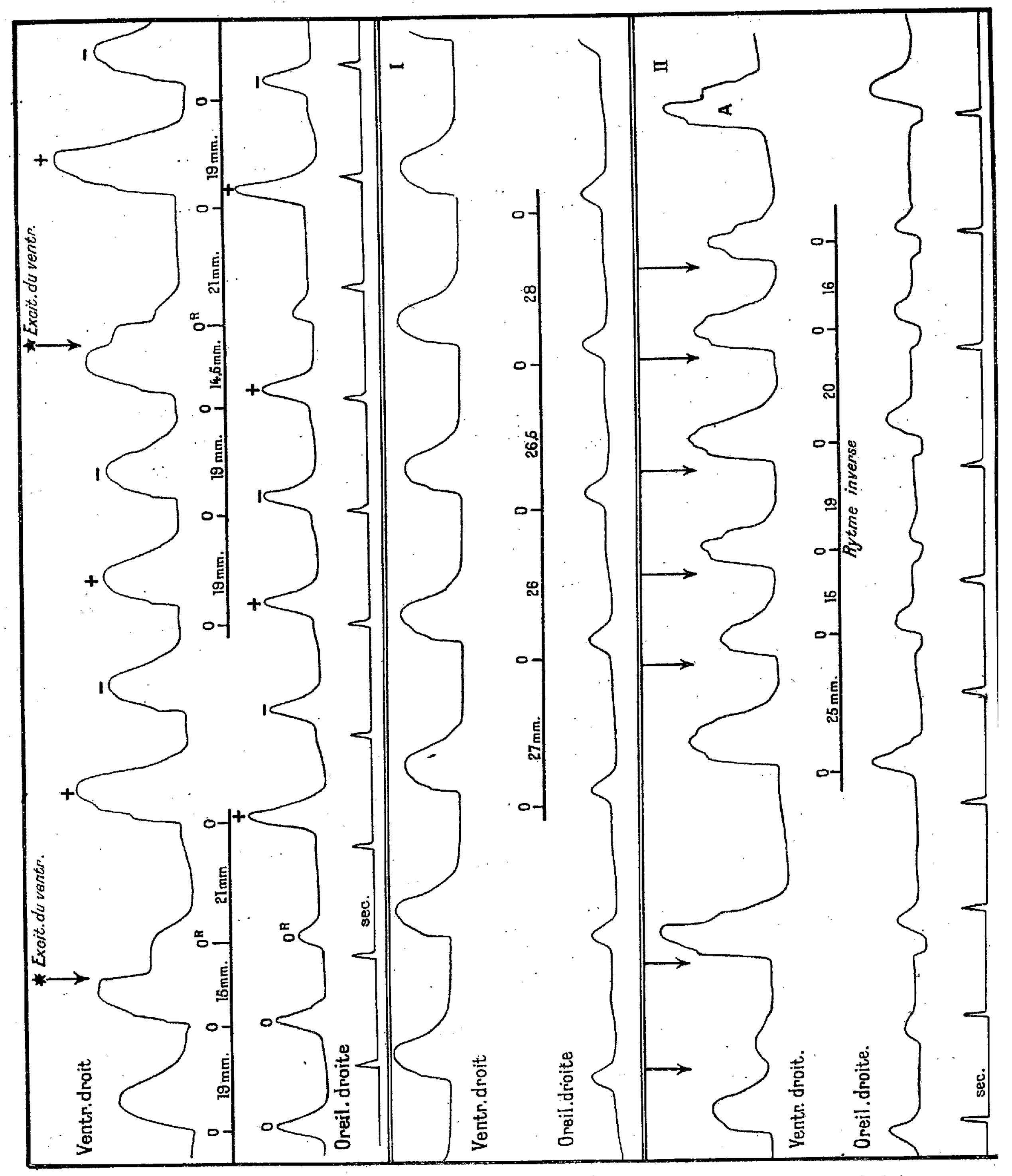



Fig. 1. — *Extrasystoles ventriculaires rétrogrades.* — Chien présentant une bradycardie à la suite de la section de la moelle cervicale. La température est encore normale. On y voit deux extrasystoles provoquées par une excitation mécanique du ventricule droit, qui sont suivies des extrasystoles auriculaires d'origine ventriculaire, comme on peut se rendre compte d'après les repères. A remarquer aussi l'augmentation de la systole auriculaire et ventriculaire post-extrasystolique, et les phénomènes d'alternance.

Fig. 2. — *Rythme inverse.* — Sur la moitié supérieure du tracé est représenté le rythme cardiaque d'un chien à moelle sectionnée (septième cervicale) et dont la température a commencé à descendre. Le rythme cardiaque est très lent autour de 40°-45° environ.

Sur la moitié inférieure, prise sur le même cylindre et avec la même vitesse, on a porté des excitations mécaniques; on voit au commencement deux extrasystoles ventriculaires rétrogrades, puis on porte des excitations successives et le plus ou moins rythmé dans la phase diastolique du ventricule. On y voit à la suite que le ventricule répond et chaque contraction ventriculaire est suivie d'une systole auriculaire, qui est cependant de plus faible amplitude. Il y a là un véritable rythme inverse. Après cinq excitations, on voit vers la fin du tracé une systole ventriculaire, sans doute automatique, suivie d'une contraction de l'oreillette, très probablement due à une conduction rétrograde.

varie entre 60-50-35. Les sujets ainsi traités prennent le caractère des animaux à sang froid, suivant la remarque très profonde de Claude Bernard.

Dans ces conditions, l'espacement des contractions du cœur devient tel que, si l'on choisit convenablement au cours de la diastole la place de l'excitation, la transmission rétrograde de l'extrasystole du ventricule à l'oreillette a le temps de se réaliser et se marque nettement, sur le tracé, par une systole de plus faible amplitude que la systole normale.

Nous n'insisterons pas ici sur les phénomènes : *d'automatisme ventriculaire post-extrasystolique*, *d'alternance post-extrasystolique*, ou l'augmentation *en amplitude de la systole post-extrasystolique*. Nous signalerons seulement qu'en portant des excitations de plus en plus fréquentes et continues sur la surface du ventricule, on arrive à accélérer son rythme, en même temps que le rythme auriculaire. Mais, en pareil cas, la systole auriculaire vient après celle du ventricule et nous avons ainsi un véritable *rythme inversé*.

Ces expériences, telles quelles, ne préjugent rien sur la nature nerveuse ou musculaire de la voie de transmission de l'excitation, qui s'est de la sorte propagée à contre-sens de son cours ordinaire. Elles la montrent seulement très évidente, et c'est en cela que réside leur intérêt. Que ce soit du reste l'un ou l'autre des deux tissus qui la transporte, nous ne voyons pas qu'il y ait de fin de non-recevoir à opposer à la possibilité d'une inversion de la conduction. A ce sujet nous rappelons que l'irréversibilité fonctionnelle des cycles de l'organisme, sur laquelle l'un de nous a particulièrement insisté à propos du système nerveux, et la conductibilité dans les deux sens dont on peut donner d'autres preuves, ne sont pas des données contradictoires. La première est un caractère qui appartient aux ensembles, aux systèmes; la seconde est une propriété de leurs segments composants. Un phénomène irréversible peut être composé d'éléments individuellement réversibles. L'appareil circulatoire, par exemple, nous montre un système de canaux, dans lesquels la pression et le cours du sang, en certaines régions, changent parfois de sens, alors que le courant général est maintenu constant par un appareil de valvules disposées dans certains lieux choisis, tels que l'inversion y est impossible.

## PLIS CACHETÉS.

M. **Jean Bouchon** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 10 juillet 1916 et inscrit sous le n° 8296.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, renferme une Note relative à la *Désinfection des plaies de guerre*.

(Renvoi à la Section de Médecine.)

## CORRESPONDANCE.

M. **Camille Flammarion** adresse un Rapport sur l'emploi qui a été fait de la subvention accordée par l'Académie des Sciences à l'Observatoire de Juvisy en 1916 sur la *Fondation Loutreuil*.

M. **Ch. de la Vallée Poussin**, M[lle] **Thérèse Robert**, MM. **Banzet**, **Aug. Barbey**, **J. Boccardi**, **H. Buisson**, **J. Coggia**, **E. Couvreur**, **P. Dumanois**, **Ch. Fabry**, **Le Matelot**, **Edmond Sergent**, **R.-J. Weissenbach** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

MM. **Albert Colson**, **Augustin Mesnager** adressent des remercîments pour les subventions qui leur ont été accordées sur la *Fondation Loutreuil*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Mission scientifique au Soudan*, premier fascicule, par Henry Hubert.

2° *Automobiles, camions et tracteurs. Principes et utilisation*, par L. de Montgrand.

3° *Nouvelles Tables trigonométriques fondamentales* (*Valeurs naturelles*). Tome deuxième. Ouvrage publié à l'aide d'une subvention accordée par l'Université de Paris sur la Fondation Commercy, par H. Andoyer.

4° *Études géologiques sur la région septentrionale du Haut-Tonkin* (*feuilles de Pa-kha, Ha-giang, Ma-li-po, Yên-Minh*), par J. Deprat.

5° *Études comparatives des Fusulinidés d'Akasaka* (*Japon*) *et des Fusulinidés de Chine et d'Indo-Chine*), par J. Deprat.

6° Plusieurs fascicules des *Mémoires du Service géologique de l'Indo-Chine*, rédigés par M. Mansuy et relatifs à la *Paléontologie* et à la *Paléobotanique du Tonkin, du Yunnan et du Laos*.

GÉOMÉTRIE. — *Sur une construction de la sphère osculatrice et du rayon de torsion en un point de la courbe d'intersection de deux surfaces données.* Note (¹) de M. S. MANGEOT.

Je considère deux surfaces données $S_1$, $S_2$ et un point O de leur intersection C où elles aient des plans tangents distincts et connus. Je me propose d'indiquer un mode de construction du rayon de torsion T et du centre Γ de la sphère osculatrice de la courbe C au point O.

$n$ étant l'un quelconque des deux nombres 1, 2, soient OA la tangente à C au point O; $Og_n$, la normale en ce point à la surface $S_n$; $g_n$, le centre de courbure, en ce même point, de la section de cette surface par le plan des deux droites OA, $Og_n$; ω, la projection de O sur la droite $g_1g_2$.

Le point ω est le centre de courbure de la courbe C au point O, et le point Γ appartient à la droite $g_1g_2$, axe de son cercle de courbure.

J'envisage la section $\sigma_n$ de la surface $S_n$ par le plan osculateur ωOA de la courbe C, la conique osculatrice de cette section au point O, et le point $a_n$ de OA qui est le pôle, par rapport à cette conique, de sa normale en O. Soient P un point de la droite OA infiniment voisin de O, et $M_n$ le point de $\sigma_n$ qui se projette sur cette droite au point P. La longueur $PM_n$ est une fonction de OP dont la dérivée troisième a pour limite une quantité $v_n$ qui admet cette double interprétation géométrique : au signe près, elle est égale à trois fois l'inverse du rectangle des deux longueurs Oω, $Oa_n$, et elle représente le rapport de la longueur $\Gamma g_n$ au produit de T par $\overline{O\omega}^2$. Si elle est nulle, on a $\Gamma g_n = 0$, $Oa_n = \infty$. Quand les deux quantités $v_1$, $v_2$ sont l'une et l'autre différentes de zéro, suivant qu'elles ont le même signe ou des signes contraires, les deux points O, Γ sont en dehors des segments $a_1a_2$, $g_1g_2$ ou sur ces segments eux-mêmes. En rassemblant ces résultats, qu'on peut vérifier, on est conduit aux formules suivantes

$$3T \times O\omega = \Gamma g_1 \times Oa_1 = \Gamma g_2 \times Oa_2 = g_1g_2\,\frac{Oa_1 \times Oa_2}{a_1a_2},$$

qui donnent une construction immédiate de Γ et de T lorsque l'on connaît les quatre points $g_1$, $g_2$, $a_1$, $a_2$.

Que, $b_1$, $b_2$, $b_3$ étant trois points de la normale principale Oω de C tels

(¹) Séance du 11 décembre 1916.

qu'on ait

$$O b_1 = O a_1, \qquad O b_2 = O a_2, \qquad b_1 b_2 = a_1 a_2, \qquad O b_3 = \frac{O a_1 \times O a_2}{a_1 a_2},$$

on élève, sur cette droite, et en chacun, $b_\rho$, de ces points, une perpendiculaire dans le plan normal de la courbe; si $g_{n,\rho}$ et $\Gamma_\rho$ désignent les points de rencontre de cette perpendiculaire avec la droite $Og_n$ et la normale $O\Gamma$ à la sphère osculatrice, cette normale sera parallèle à la droite $g_{1,1}g_{2,2}$, et le rayon T sera le tiers de la longueur $g_{1,3}g_{2,3}$, comme aussi de chacune des deux longueurs $\Gamma_1 g_{1,1}$, $\Gamma_2 g_{2,2}$ qui ne sera pas nulle. Les points $g_1$, $g_2$, $\omega$ n'interviennent pas eux-mêmes dans ces opérations.

Lorsque la surface $S_n$ est algébrique, le point $a_n$ peut être obtenu de la manière que je vais indiquer. D'abord, si la surface est du second ordre, ce point se définit comme le pôle, par rapport à la conique $\sigma_n$, de sa normale en O, et il peut être déterminé par l'intersection $h$ de la tangente OA avec le plan qui touche la quadrique sur la normale principale de C. Je suppose l'ordre $\mu$ de $S_n$ supérieur à 2. Je prends : 1° le point $h$ de OA construit comme il vient d'être dit au moyen de la quadrique polaire de O par rapport à $S_n$; 2° le point d'intersection $k$, autre que O, de la droite OA avec $S_n$ si $\mu$ égale 3, et, dans le cas contraire, avec la surface cubique polaire de O par rapport à $S_n$. Si $h'$ et $k'$ sont les extrémités des longueurs $\frac{Oh}{\mu-1}$, $\frac{Ok}{\mu-2}$, comptées sur OA à partir de O dans le sens des segments $Oh$, $Ok$, le point $a_n$ sera le conjugué harmonique de $k'$ par rapport à deux points dont l'un est le point O et l'autre le symétrique de O par rapport à $h'$.

Le mode de construction que j'ai indiqué de Γ et de T s'applique d'une manière très simple à toute ligne de courbure d'une quadrique donnée de grandeur et de position, en regardant cette ligne comme l'intersection de deux cylindres du second ordre $S_1$, $S_2$. A l'aide de deux sections droites de ceux-ci, on construit immédiatement les points $g_1$, $g_2$, puis $a_1$, $a_2$, par lesquels on connaît Γ et T.

On peut construire le rayon de torsion en un point O d'une ellipse sphérique située sur un cône donné du second degré dont le centre de courbure principal en ce point est $g_1$ et le sommet $g_2$, en menant, dans le plan $Og_1g_2$, une parallèle à $g_1g_2$ située à la même distance de O que le point où la normale en O à ce plan rencontre la polaire du même plan par rapport au cône. La portion de cette parallèle comprise entre les deux droites $Og_1$, $Og_2$ est le triple du rayon de torsion.

La formule $3\mathrm{T} \times \mathrm{O}\omega = \Gamma g_n \times \mathrm{O}a_n$ exprime une propriété dont jouit, en un quelconque O de ses points, toute courbe C tracée sur une surface donnée $\mathrm{S}_n$. J'indique deux conséquences de cette formule.

En chaque point d'une ligne géodésique d'une surface du second ordre, le rayon de torsion et la tangente de l'angle de la normale à la sphère osculatrice avec la normale à la surface sont dans un rapport égal au tiers du segment de la tangente à la ligne qui est compris entre son point de contact et son point de rencontre avec la droite conjuguée de cette dernière normale par rapport à la quadrique.

Si deux lignes situées sur une surface sont tangentes entre elles et admettent le même plan osculateur au point de contact, leurs rayons de torsion en ce point sont dans le même rapport que les distances des centres de leurs sphères osculatrices en ce point à la normale à la surface en ce même point.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les conditions de convergence des séries de Fourier* (¹). Note de M. **W.-H. Young**, présentée par M. Émile Picard.

1. Dans un Mémoire des *Rendiconti de Palermo* (t. 31), M. de la Vallée Poussin a montré que les conditions classiques de la convergence des séries de Fourier peuvent être résumées en une seule plus générale, découverte par lui-même. Comme elle ne contient pas celle qui est le sujet de ma Note dans les *Comptes rendus* du 21 août, il en résulte qu'il n'y a que deux conditions, celle de M. de la Vallée Poussin et la mienne, qui subsistent. Dans la présente Communication, je désire faire quelques remarques au sujet des caractéristiques de chacune d'elles.

2. *Toutes les deux pourraient être regardées comme généralisations de la condition de Dirichlet.* En effet, en prenant une fonction paire $f(x)$ et considérant la série de Fourier à l'origine, la condition de M. de la Vallée Poussin exige que l'expression

$$\frac{1}{x}\int_0^x f(x)\,dx \tag{1}$$

soit une fonction à variation bornée, tandis que la mienne demande que

(¹) Séance du 15 décembre 1916.

l'expression

$$\frac{1}{x}\int_0^x |d[xf(x)]| \tag{2}$$

soit bornée. On voit de suite que si $f(x)$ est, comme le demande Dirichlet, une fonction à variation bornée, ces conditions sont remplies toutes deux.

3. *Cependant, par sa nature même, la condition de M. de la Vallée Poussin ne peut pas former une étape dans une suite continue de critériums en partant de la condition de Dirichlet. Quant à la mienne, il n'y a rien qui empêche de remplacer la première puissance de $x$ par une puissance positive $x$ quelconque, la condition de Dirichlet apparaît alors pour $q = 0$.*

Cette proposition se vérifie lorsqu'on cherche à y appliquer le raisonnement de la Note citée plus haut. En effet, on n'y trouve rien à changer qui mérite la peine d'être relevé. *Il est ainsi permis de poser la condition plus générale que l'expression*

$$\frac{1}{x^q}\int_0^x |d[x^q f(x)]| \qquad (q \geqq 0) \tag{3}$$

*soit bornée.* On voit aussi que si cette condition est remplie pour un certain nombre $q$, elle l'est de même pour toute quantité plus grande.

4. Quant à la condition de M. de la Vallée Poussin, on peut ajouter qu'elle ne fait partie d'aucune telle suite de critériums, même discrète; elle est, de ce point de vue, isolée. On ne peut pas y remplacer l'expression (1), par exemple, par la suivante

$$\frac{1}{x}\int_0^x \left\{ \frac{1}{x}\int_0^x f(x)\,dx \right\} dx; \tag{4}$$

c'est-à-dire, on ne peut pas répéter le procédé par lequel on tire la condition de M. de la Vallée Poussin de celle de Dirichlet. Ceci résulte de la structure intime des séries de Fourier et de la nature de leur convergence.

En effet, il ne suffit pas de constater que la série de Fourier d'une fonction à variation bornée est convergente; la convergence est plus forte que d'ordinaire. La série converge déjà par les moyennes de Cesáro d'indice négatif $> -1$. Or, pour que la série de Fourier de $f(x)$ soit convergente en un point donné, il suffit que $f(x)$ vérifie une certaine condition dans le voisinage du point. Pour qu'elle converge davantage, c'est-à-dire avec

indice négatif, la condition principale dans le voisinage du point doit être renforcée; aussi faut-il une condition accessoire sur $f(x)$ au dehors de ce voisinage. Dans le cas de Dirichlet et dans le mien, la condition principale est d'elle-même assez forte; pour assurer la convergence avec indice négatif $> -1$, on n'a qu'à ajouter la condition accessoire que $f(x)$ soit à variation bornée hors du voisinage considéré.

La condition de M. de la Vallée Poussin au contraire, et même la condition classique que $\left\{\frac{f(x)-C}{x}\right\}$ soit sommable, ont l'avantage d'être dépourvues d'un tel élément, superflu du point de vue de la convergence ordinaire; elles suffisent pour atteindre leur but, mais l'adjonction d'une condition accessoire ne leur permet pas de le dépasser. L'opération qui conduit de la condition de Dirichlet à celle de M. de la Vallée Poussin entraîne une diminution de l'intensité de convergence; répétée, elle doit donc conduire à une plus forte diminution. L'expression (4) ne pourrait alors entrer dans une condition de convergence que par les moyennes de Cesáro d'indice positif.

C'est la perte d'intensité de la convergence qui explique l'impossibilité [1] de généraliser la condition de M. de la Vallée Poussin dans la manière en question. D'autre part, ce qui rend possible la généralisation de la mienne, c'est le fait qu'une telle perte n'a pas lieu dans ce cas.

5. Il est entendu dans ce qui précède que $f(x)$ est non seulement bornée, propriété contenue implicitement dans la condition (3), mais aussi qu'elle est simplement discontinue à l'origine. Cependant on peut remplacer cette condition par une autre, plus générale, en ne demandant l'existence de la limite quand $x$ s'approche de zéro, que de l'une des deux fonctions, par exemple,

$$\frac{1}{x}\int_0^x f(x)\,dx, \quad \frac{1}{x^2}\int_0^x dx\int_0^x f(x)\,dx.$$

Pour le voir, il est préférable d'employer la méthode directe, déjà adoptée dans mon premier Mémoire sur ce sujet (1911). Cette méthode est aussi plus logique et plus conforme à ce que j'ai dit dans la Note du

(1) Il n'est pas dit qu'il soit impossible de généraliser la condition de M. de la Vallée Poussin en la prenant elle-même comme point de départ.

23 octobre ([1]). L'avantage principal de la méthode de ma Note du 21 août est de laisser entrevoir la convergence par les moyennes de Cesàro d'indice négatif. Elle conduit en même temps facilement à un théorème pour les coefficients $b_n$ des sinus dans la série de Fourier, de sorte que l'analogie de cette série avec sa série alliée s'accentue encore davantage.

6. Finalement remarquons que, conformément à ma Note du 23 octobre, les conditions plus générales exposées ci-dessus (§ 2) conduisent à des conditions plus générales analogues pour la convergence $(C_p)$ de la $p^{\text{ième}}$ dérivée d'une série de Fourier.

Citons un seul exemple : on peut donner au second théorème du n° II de la Note du 23 octobre la forme suivante, plus élégante et plus générale : *La seconde série dérivée converge* $(C_2)$ *dans un point* $x$ *où* $f(x)$ *possède une seconde dérivée généralisée, pourvu que*

$$\frac{1}{u^2}\int_0^u |d\{f(x+u)+f(x-u)-2f(x)\}|$$

*soit bornée dans un tel voisinage de* $u=0$.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur l'application de la théorie des équations intégrales à certains calculs relatifs à la stabilité des constructions (problème à une dimension).* Note ([2]) de M. **Baticle**, présentée par M. Jordan.

Supposons qu'on ait à calculer une poutre soumise à des charges connues et à des réactions transversales dont l'expression est une fonction linéaire du déplacement du point d'application et de ses dérivées, comme c'est le cas d'un longeron supporté par des entretoises, de la poutre de rigidité d'un pont suspendu semi-rigide, du tablier d'un pont suspendu à haubans, des poutres de contreventement de ponts, etc.

Si l'on appelle $u(x)$ la charge réelle, inconnue, supportée par la poutre, $f(x)$ la charge extérieure, donnée, et $\psi(x, y, y', y'', \ldots)$ la réaction élastique, on doit avoir

$$u(x)=f(x)=\psi(x, y, y', y'', \ldots),$$

([1]) J'appelle l'attention du lecteur sur les fautes typographiques dans plusieurs des formules de la Note en question. On trouvera les corrections dans les *Errata*.

([2]) Séance du 4 décembre 1916.

$y, y', y'', \ldots$ désignant le déplacement du point $x$ et ses dérivées successives. $\psi$ est supposé linéaire en $y, y', y'', \ldots$.

Supposons que l'on connaisse la ligne d'influence $\varphi(x, \xi)$ de la fonction $\psi(x, y, y', \ldots)$ pour une charge réelle $u(\xi) - 1$, c'est-à-dire la courbe représentative de la fonction $\Psi(x, y, y', \ldots)$ lorsqu'on suppose la poutre soumise à une charge unique, égale à l'unité, appliquée au point d'abscisse $\xi$. On voit immédiatement que l'équation du problème pourra s'écrire

$$(1) \qquad u(x) = f(x) - \int_0^l \varphi(x, \xi) u(\xi)\, d\xi.$$

C'est une équation intégrale de deuxième espèce. On pourrait la résoudre par la méthode d'itération de Liouville et Neumann, qui donne pour valeur de $u$ la limite de $u_n$, définie par les relations

$$\begin{cases} u_0(x) = f(x), \\ u_n(x) = f(x) - \displaystyle\int_0^l \varphi(x, \xi) u_{n-1}(\xi)\, d\xi. \end{cases}$$

Cette opération s'effectuerait graphiquement de la façon la plus simple, une fois construite la ligne d'influence $z = \varphi(x, \xi)$. Mais elle devrait être renouvelée pour chaque répartition particulière des charges $f(x)$.

Appliquons, au contraire, la méthode de Volterra. Pour cela, nous considérons l'équation intégrale particulière, dépendant du paramètre $\xi$, qui définit la fonction $\Phi(x, \xi)$ réciproque de $\varphi(x, \xi)$ :

$$(3) \qquad \Phi(x, \xi) = \varphi(x, \xi) - \int_0^l \Phi(x, \xi)\, \varphi(\xi, \xi_1)\, d\xi_1.$$

On sait qu'en formant l'expression

$$\int_0^l u(\xi)\, \Phi(x, \xi)\, d\xi,$$

on obtient la formule

$$(4) \qquad u(x) = f(x) - \int_0^l \Phi(x, \xi) f(\xi)\, d\xi.$$

Cette formule montre qu'il suffira, pour avoir explicitement la charge réelle subie par la poutre, quelle que soit la répartition des charges $f(x)$, de déterminer pour un certain nombre de valeurs $\xi_1, \xi_2, \ldots, \xi_n$ de $\xi$ divisant l'intervalle $(0, l)$ en intervalles suffisamment petits, la fonction $\Phi(x, \xi)$, ce qui se fera aisément en appliquant à (3), en tous les points $\xi_1, \xi_2, \ldots, \xi_n$, la méthode d'itération rappelée ci-dessus.

L'examen de la formule (4) permet, en outre, de voir que $\Phi(x, \xi)$ représente la ligne d'influence de $u$, pour une charge extérieure égale à l'unité placée au point d'abscisse variable $\xi$. On peut donc énoncer le théorème suivant :

*Lorsqu'une poutre est soumise à des charges extérieures données et à des réactions élastiques exprimées en chaque point par une fonction linéaire de la déformation transversale et de ses dérivées, la ligne d'influence, pour une charge extérieure égale à l'unité placée au point* $\xi$, *de la charge réelle subie par la poutre au point* $x$, *est représentée par la fonction réciproque* $\Phi(x, \xi)$ *de la fonction* $\varphi(x, \xi)$ *représentant la ligne d'influence de la réaction élastique au point* $x$, *pour une charge réelle, égale à l'unité, subie par la poutre au point* $\xi$.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur de nouvelles espèces de Rhinocérotidés de l'Oligocène de France.* Note [1] de J. **Repelin**, présentée par M. C. Depéret.

Le gisement de Mammifères fossiles de Laugnac a été découvert par Vasseur qui l'a fait connaître par plusieurs Notes à l'Académie des Sciences [2]. Parmi les nombreuses espèces signalées par notre regretté maître se trouvaient deux formes de Rhinocérotidés : l'une que Vasseur, dans une première approximation, avait assimilée à l'*Aceratherium lemanense* Pom. (*A. gannatense* Duvernoy); une autre connue seulement par quelques pièces terminales des pattes postérieures, parmi lesquelles des métatarsiens très grêles. La première appartient au groupe des *Brachypodinés* de Osborn, conformément à l'opinion émise par M. Depéret lors d'une dernière visite faite à Vasseur dans son laboratoire. L'étude détaillée que nous avons faite de ce Rhinocéros nous a montré qu'il s'agissait bien en effet d'un type de la famille des *Brachypodinés*, à grandes incisives (canines) inférieures tran-

---

(1) Séance du 27 novembre 1916.

(2) *Découverte d'un gisement de Vertébrés dans l'Aquitanien supérieur de l'Agenais. L'âge géologique de la faune de Saint-Gérand-le-Puy* (*Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 987); *Sur la faune de Vertébrés découverte dans l'Aquitanien supérieur de l'Agenais* (*Comptes rendus*, t. 155, 1912, p. 1119); *Nouvelles découvertes paléontologiques dans l'Aquitanien supérieur des environs de Laugnac* (*Lot-et-Garonne*) (*Comptes rendus*, t. 157, 1913, p. 1178).

chantes, à pieds courts et larges, à membres courts. Certains caractères toutefois font défaut comme la tridactylie. L'animal possède en réalité des pieds de devant tétradactyles, mais c'est là une simple modification évolutive. Nous proposons de l'appeler *Teleoceras aginense*. Nous avons reconnu une étroite parenté entre ce nouveau Rhinocéros, et le *T. aurelianense* du Miocène inférieur de l'Orléanais ([1]). Il y a presque identité dans la forme, la position et la taille des incisives externes inférieures (canines), dans celles des pieds et des membres courts et larges.

Mais il y a aussi des différences parmi lesquelles la présence d'un quatrième doigt aux pieds de devant, la forme des os nasaux allongés et pointus, qui rappellerait plutôt celle des *Acerotherium tetradactylum* et *incisivum* par leur allongement, leur allure grêle et leur extrémité acuminée. Leur disposition est d'ailleurs très différente de celle de l'animal de l'Orléanais. Le *Teleoceras aurelianense* Nouel a des nasaux séparés sur une longueur de 15$^{cm}$ environ, le *T. aginense* a des nasaux réunis sur toute leur longueur. La forme générale de la tête, d'après l'étude de trois bons exemplaires, est également très différente. La région occipitale est bien plus élevée, bien plus à pic sur la partie postérieure et la courbe du profil supérieur du crâne bien plus régulièrement descendante, moins ensellée que dans la forme de l'Orléanais. Une autre différence se montre dans la dentition : tandis que dans le *T. aurelianense* les prémolaires supérieures ont des bourrelets basilaires continus, chez le *T. aginense* ces bourrelets sont interrompus à la base de la seconde colline. Il y a là un fait dont il faut souligner l'importance : le bourrelet basilaire des molaires supérieures est en effet d'autant plus accusé, dans le groupe de Brachypodinés, qu'on envisage des types de *Teleoceras* d'âge plus récent. Le *T. aurelianense* du Burdigalien présente un bourrelet continu dans les prémolaires et interrompu dans les molaires, sur leur face interne; le *T. brachypus* Lartet du Miocène moyen (La Grive-Saint-Alban, Sansan?) présente au contraire un bourrelet bien développé, même autour de la face interne des molaires, et les molaires ou prémolaires connues du *T. Goldfussi* Kaup., du Miocène supérieur d'Eppelsheim, présentent encore une accentuation de ce caractère. Or le *T. aginense* montre au contraire une grande atténuation de cette particularité. Il n'a de bourrelets continus sur aucune de ses dents masticatrices supérieures : confirmation nouvelle, s'il en était besoin, de sa plus grande antiquité.

---

([1]) Voir C. MAYET, *Thèse de doctorat ès sciences*. Rey, imprimeur, Lyon, 1908.

Enfin nous pouvons ajouter, sans vouloir signaler toutes les différences (¹), que l'anticrochet, très développé dans les prémolaires supérieures $P_3$ et $P_4$ du *T. aurelianense*, n'existe pour ainsi dire pas dans les prémolaires correspondantes du *T. aginense*.

Les pièces les plus importantes qui nous ont servi d'objet d'études sont :

1° Une tête *A*, entière, appartenant à un individu adulte mais relativement jeune n'ayant pas encore poussé ses arrière-molaires et mesurant $46^{cm}$ du milieu de la crête occipitale à l'extrémité des nasaux;

2° Une tête *B*, entière, appartenant à un individu un peu plus âgé, avec les arrière-molaires à peine sorties de leurs alvéoles, et mesurant $54^{cm}$ au lieu de 46;

3° Une tête *C*, appartenant à un individu plus âgé encore et montrant une belle série de dents masticatrices;

4° Une autre tête *D*, la seule qui nous offre une série complète de dents comprenant la première prémolaire $P^1$ et les arrière-molaires.

Pour le squelette, il nous a été possible de monter quatre membres de ce nouveau type de *Teleoceras* (²) qui nous ont permis de nous faire une idée assez exacte de la taille du Rhinocéros de Laugnac. Le membre postérieur droit mesure en extension $1^m,12$ de long, le gauche $1^m,09$. Le membre antérieur droit mesure $1^m,07$; le gauche, avec l'omoplate en plus, $1^m,41$. En comparant ces dimensions à celles d'un *Rhinoceros unicornis* dont le squelette, en position normale, a $1^m,70$ de haut, on peut évaluer la taille du *T. aginense* à $1^m,45$, au niveau de l'omoplate, c'est-à-dire des premières vertèbres dorsales aux longues apophyses.

Indépendamment de ce type et du Rhinocéros à doigts grêles signalés par Vasseur, une fouille pratiquée à Nicot, près de Laugnac, avait mis à jour de nouveaux débris et, entre autres, une série à peu près complète de molaires supérieures appartenant à une espèce différente ou tout au moins à une mutation. Ces dents se distinguent de celles du *T. aginense* par la présence d'une *crista*, caractère qui ne se retrouve dans les formes oligocènes que dans *Acerath. tridactylum* de White River. Le bourrelet basilaire, peu accusé dans l'animal de Laugnac, est ici très développé dans les prémolaires et à peine interrompu dans certaines molaires ($M_2$). Les dimensions des dents notablement inférieures, malgré l'âge avancé de l'individu, indiquent un type moins fort. Ces dents offrent en outre un autre caractère différentiel d'avec le *T. aginense* : elles ont un anticrochet très net et particulièrement développé dans $P_3$ et $P_4$ et les deux collines transverses se

---

(¹) Une description détaillée avec 15 planches en phototypie paraîtra sous peu.

(²) Ce montage a été fait avec beaucoup d'habileté par M. Doumens, employé du aboratoire.

soudent rapidement en dedans en obstruant la vallée médiane. La *crista*, très développée même dans les prémolaires, se soude au crochet en profondeur en isolant, suivant le degré d'usure, un petit entonnoir médian.

Ainsi *le gisement de Laugnac découvert par Vasseur contient les restes d'au moins trois formes nouvelles de Rhinocérotidés. Le mieux représenté est le plus ancien des* Teleoceras *européens connus. Il apparaît vers la fin des temps oligocènes (Aquitanien supérieur) au milieu d'une faune incontestablement oligocène et peut être considéré comme l'ancêtre direct du* T. aurelianense. *La migration qui introduisit ce groupe en Europe est donc un peu antérieure au Miocène inférieur (Burdigalien).*

ZOOLOGIE. — *Sur le cycle évolutif de* Ceratomyxa Herouardi *Georgév.* Note [1] de M. **Jivoïn Georgévitch**, présentée par M. Yves Delage.

Dans une Note précédente nous avons exposé la diversité des formes sous lesquelles se présentent *Ceratomyxa Herouardi* Georgév. Nous avons établi, chemin faisant, la provenance de ces formes et leurs transformations possibles. Il s'agit maintenant d'insérer ces formes, si diverses, dans un cycle évolutif et d'établir l'emplacement du phénomène de sexualité dans ce cycle.

De la spore, qui n'a rien de remarquable, sort un germe amiboïde binucléé. Les deux noyaux se conjuguent et, après la caryogamie complète, nous obtenons un zygote uninucléé, le plus souvent piriforme et avec de courts pseudopodes en brosse, sur la partie élargie. Le syncarion présente un beau caryosome central et souvent une partie extracaryosomique de chromatine. Ce processus sexuel, désigné récemment comme une autogamie, s'accomplit à la fin de la sporulation et fort probablement après le changement d'hôte. C'est la raison pour laquelle on voit très rarement ces pansporoblastes initiaux.

Après un repos, le noyau se divise, par un processus de promitose, précédé par la division du caryosome, mais sans aucune trace des centrosomes. Le résultat de cette première division est la séparation du noyau du zygote en deux autres, dont un plus grand et l'autre plus petit. Le noyau le plus grand se divise encore une fois, donnant de même un noyau plus

---

(1) Séance du 4 décembre 1916.

grand et un noyau plus petit, le dernier étant de la même taille que le précédent. De sorte que nous obtenons un stade piriforme à trois noyaux, dont un plus grand, se distinguant même cytologiquement, et deux plus petits. Vient un stade de long repos, puis, quand le processus de la sporulation commence, le grand noyau se comporte comme le noyau végétatif et ne se divise plus, tandis que les deux petits se comportent eux comme des noyaux génératifs. On les voit se diviser plusieurs fois pour donner douze noyaux, dont deux valvaires, deux des capsules polaires et deux du germe amiboïde. C'est le processus de sporulation que nous pouvons appeler dès maintenant *le cycle direct*, vu et étudié par tous les auteurs qui se sont occupés de Myxosporidies.

Mais outre cette phase directe, caractérisée par la formation finale de deux spores seulement, le cycle comporte encore plusieurs subdivisions, en connexion intime avec les diverses formes, et qui sont caractérisées par la création de spores nombreuses dans le même plasmode ou dans les nombreux bourgeons qu'il a engendrés. Des parties intégrales de ces plasmodies polymorphes peuvent en fin de compte se comporter comme des plasmodes du cycle direct et engendrer deux spores.

Il y a d'abord la transformation des plasmodes ronds en agamontes quand les produits de divisions multiples du syncarion s'entourent de plasma pour se libérer sous forme de schizontes et refaire plusieurs fois le même cycle de schizogonie. Ces schizontes peuvent se porter à la périphérie du plasmode, et nous obtenons alors un aspect analogue à celui de perlage des grégarines. Ou bien ces schizontes peuvent être centraux, et ils représentent alors des bourgeons issus par voie endogène. Enfin ces schizontes peuvent refaire le cycle direct et engendrer chacun deux spores seulement.

D'autres plasmodes, des formes piriformes de préférence, après avoir passé le stade de repos caractérisé par trois noyaux, dont un végétatif et deux germinatifs, laissent diviser un grand nombre de fois ces derniers, dont les caryosomes se fragmentent en plusieurs grains à mesure qu'ils s'éloignent du noyau végétatif. Chemin faisant ces noyaux s'entourent d'une partie du protoplasme plasmodique pour devenir, en s'accroissant ensuite, un gros bourgeon interne (un agamonte) à l'intérieur duquel se forment de nombreux schizontes quand une partie de grains caryosomiens s'entoure de son protoplasme. Lorsque ce processus commence ordinairement, tous les noyaux génératifs deviennent agamontes internes; les surfaces de contact se soudent, se résorbent et après quoi nous obtenons un cornet à double paroi dans l'intérieur duquel pullulent de nombreux

schizontes, qui finalement, devenus libres, répètent le même cycle de schizogonie. Après avoir accompli plusieurs cycles de ces schizogonies, les schizontes peuvent entrer dans la voie du cycle direct.

Mais ordinairement la forme piriforme, initiale, se complique par des bourgeonnements variés et ce plasmode, devenu alors démesurément grand, présente plusieurs noyaux végétatifs, issus des transformations des noyaux germinatifs. Ce fait d'observation plaide pour l'unité du noyau, malgré le dualisme apparent.

Toutes les autres variétés morphologiques que nous avons énumérées dans la Note précédente peuvent se réduire à l'une ou l'autre de ces deux catégories de schizogonies, de sorte qu'on peut dire en général que, dans le cycle évolutif de *Ceratomyxa Herouardi*, la partie de schizogonie est de beaucoup la plus importante, on peut même dire qu'elle est prépondérante et que la partie de sporulation directe est le terme ultime vers lequel tendent toutes les schizogonies, sans l'atteindre toutefois.

Il faut bien se garder d'attribuer à nos schizontes le rôle des gamètes par la simple constatation de l'accolement de deux ou plusieurs d'entre eux. Car alors, outre l'autogamie incontestable, nous aurions eu encore dans le même cycle évolutif un processus sexuel d'isogamie ou d'anisogamie. Un auteur moderne, Schiwago [1] n'a pas hésité à admettre une telle possibilité, mais il n'a pas été suivi par d'autres travailleurs.

Il me reste à étudier en des saisons différentes le cycle de cette espèce si curieuse, pour établir exactement la nature du phénomène sexuel et sa place dans le cycle.

MÉDECINE. — *Les causes de l'anaphylaxie; nature et formation des anticorps.* Note de M. J. Danysz, présentée par M. Laveran.

Dans une précédente Note [2] nous nous sommes efforcé de montrer que l'injection intraveineuse des arsénobenzènes peut produire, dans certains cas, un ensemble de troubles identiques aux crises anaphylactiques, si bien caractérisées par les remarquables travaux du professeur Ch. Richet, et

---

(1) P. Schiwago, *Der heutige Stand der Frage über die geschlechtliche Vorgänge der Myxo- und Microsporidien* (*Biolog. Zeitschr.*, Bd. 2, Moscou, 1911; cité d'après *Arch. f. Protistenkunde*, Bd. 23, 1911).

(2) J. Danysz, *Comptes rendus*, t. 163, 1916, p. 535.

nous avons reconnu que la cause de ces troubles ne peut être autre que la formation d'un précipité dans les capillaires.

Il était donc tout indiqué de rechercher si les causes de troubles observés après les injections d'antigènes ne sont pas de la même nature.

Dans son Livre, *Du sang et de ses altérations anatomiques*, paru en 1889, le professeur S. Hayem indique le premier ce qui se passe quand on injecte, deux fois de suite à 12 jours d'intervalle, du sang de bœuf dans la veine d'un chien (p. 240 et suiv.).

La première injection de $48^{cm^3}$ est supportée sans réaction notable; une deuxième injection faite dans la saphène 12 jours après provoque, 5 minutes après, des vomissements. L'animal est abattu et reste couché. La diarrhée apparaît dans l'heure suivante, puis l'albuminurie. Le lendemain matin l'animal est trouvé mort dans sa cage.

« Le sang recueilli pendant la vie renferme des éléments plus ou moins altérés et parfois des concrétions hyalines très réfringentes et extrêmement visqueuses. Le sang d'un vaisseau lié, conservé depuis la veille, est resté liquide; il a laissé déposer de petits grumeaux analogues à un sédiment. »

« J'ai proposé, dit M. Hayem, de désigner cette variété de coagulation sous le nom de « coagulation par précipitation granuleuse ». Ce sont ces petites masses de matière albuminoïde qui sont l'origine des embolies. Lorsqu'elles (ces embolies) sont très nombreuses et capables d'interrompre plus ou moins complètement la circulation, les animaux ne tardent pas à succomber, mais on comprend que, dans certains cas, elles puissent déterminer des lésions locales peu étendues et permettre aux animaux de survivre. »

M. Hayem termine ce Chapitre en disant : « L'injection de sérum de bœuf chez un chien ne représente qu'un cas particulier de ces sortes d'injections coagulantes. »

Au moment où il faisait ses expériences, M. Hayem ne pouvait pas suffisamment apprécier la différence de l'action de la première et de la deuxième injection du sérum de bœuf à un chien, il n'en est pas moins certain que l'examen du sang de son chien, mort de la deuxième injection du sérum de bœuf, lui a permis de montrer les véritables causes des troubles anaphylactiques : la formation d'un précipité et les embolies qui en résultent.

Ces observations sont tellement précises qu'il était à peine nécessaire de les confirmer par les expériences qui suivent :

*Expérience I.* — Une série de lapins sont injectés, les uns avec du sérum de mouton, les autres avec du sérum de cheval. Dix à quinze jours après la dernière injection,

on fait agir le sérum de cheval et le sérum de mouton sur le sang des lapins traités respectivement par ces deux sérums, et sur le sang de quelques lapins neufs. Si les sérums sont frais, il y a hémolyse et agglutination, et l'on constate que les deux réactions sont incomparablement plus rapides et plus marquées pour le sang des lapins traités que pour le sang des lapins neufs.

*Expérience II.* — On fait couler $5^{cm^3}$ de sang frais d'un lapin préparé par du sérum de cheval sur $2^{cm^3}$ de sérum de cheval. On agite fortement et on laisse le mélange en repos pendant 24 heures. Ensuite on centrifuge et l'on constate qu'il s'est formé à la surface du culot constitué par les hématies une couche d'un précipité blanchâtre. On décante le liquide qui surnage, on le filtre et on l'injecte dans la veine du lapin qui a fourni le sang pour cette expérience.

Le lapin a supporté l'injection sans la moindre réaction.

*Expérience III.* — On traite de la même façon $2^{cm^3}$ de sérum de cheval par $10^{cm^3}$ de sang de lapin neuf. Ce mélange centrifugé ne donne pas de précipité à la surface des hématies. Le liquide surnageant, décanté et filtré, est injecté dans la veine d'un lapin préparé exactement de la même façon que le lapin de l'expérience II.

L'injection est suivie d'une crise anaphylactique très nette, moins forte cependant que chez un autre lapin préparé de la même façon et injecté avec $2^{cm^3}$ de sérum de cheval seul.

Il résulte de ces expériences qu'après une période de 12 à 15 jours, qu'on peut comparer à la période d'incubation dans certaines maladies infectieuses, il apparaît, dans le sang des animaux traités, une substance P qui forme un précipité *in vitro* et *in vivo* avec le sérum de l'espèce qui a fourni l'injection, ou plus exactement avec une substance D contenue dans ce sérum et par laquelle ce dernier diffère du sérum de l'animal injecté. C'est la formation de ce précipité dans les capillaires qui est la cause du choc anaphylactique, parce que l'injection dans la veine du même mélange privé de ce précipité est supportée sans provoquer la moindre réaction.

Il est évident que la formation du précipité n'est que la première phase des transformations qu'une albumine étrangère, ou plutôt la substance D, doit subir dans l'organisme de l'animal injecté. La deuxième phase doit être la dissolution du précipité et sa transformation en un produit assimilable ou facile à excréter.

En effet, une crise anaphylactique, quand elle n'est pas mortelle, dure généralement très peu de temps, et s'il est démontré que les symptômes pathologiques ont pour cause les embolies, le retour rapide du malade à l'état normal nous oblige à admettre la disparition des causes de ces embolies, c'est-à-dire la redissolution du précipité. Ainsi la formule de la réaction :

$$\text{Toxogénine} + \text{Antigène (toxine)} = \text{Apotoxine}$$

proposée par M. Ch. Richet, deviendrait :

Substance P + Substance D = Précipité = Embolies

et devrait être complétée par :

Précipité + Lysine (substance L) = Substance soluble assimilable ou facile à éliminer.

Et s'il en est ainsi, on est forcément amené à conclure que l'injection d'une albumine étrangère, dans le sang d'un animal, provoque tout simplement un processus de digestion dans l'appareil circulatoire (Metchnikoff) et que cette digestion consiste en deux réactions successives : coagulation par précipitation et dissolution du coagulum, ainsi que cela a été professé par E. Duclaux dans ses cours de Chimie biologique et développé plus tard par MM. Nicolle, Pozerski et Abt, dans leurs études sur les anticorps.

Une première injection n'est pas suivie d'une réaction notable parce qu'il n'y a pas encore de réactif digestif dans le sang, ou pas en quantité suffisante pour opérer rapidement la transformation de la substance injectée à l'intérieur des vaisseaux sanguins. Il est même très probable (J. Cantacuzène) que cette première digestion se fait plutôt dans certains organes (foie, rate, pancréas, organes lymphoïdes) que dans le sang, mais une fois cette première digestion terminée, il se passe ce qui arrive toujours en pareil cas : l'organisme continue à sécréter le réactif digestif dont l'excès passe nécessairement dans le sang, de sorte que, à la deuxième injection de la même albumine, la digestion se fait à même dans les vaisseaux sanguins.

Il n'y a donc pas ici d'anaphylaxie à proprement parler; au contraire, l'organisme est mieux préparé à digérer ou à transformer la deuxième injection que la première, et si cette deuxième injection devient dangereuse, c'est uniquement parce qu'elle se fait d'une façon trop violente et dans un appareil qui n'est pas adapté à cette fonction.

*Une crise anaphylactique ne serait donc qu'une crise d'indigestion à l'intérieur des capillaires.*

*En résumé*, les *antigènes* sont les substances D qui ne peuvent pas être directement assimilées, les *anticorps*, les substances P et L qui transforment les antigènes en produits assimilables et que chaque organisme peut produire spécialement pour chaque antigène. Cette transformation peut donc être comparée à une digestion et elle consiste, comme toute autre digestion, en deux réactions successives : formation d'un précipité et redissolution de ce précipité.

Quand, à la suite d'une préparation spéciale, le sang d'un animal contiendra une quantité suffisante de ce réactif digestif, la digestion s'effectuera à l'intérieur des vaisseaux sanguins, et la formation du précipité dans ces conditions provoquera les troubles décrits sous le nom de *crise* ou *choc anaphylactique*.

Cette digestion intravasculaire peut donner, dans certains cas, des sous-produits toxiques.

PHYSIOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *Essai de reconstitution des pertes de substance des os longs consécutives aux plaies de guerre. Greffes périostiques et ostéopériostiques*. Note de M. **Henri Judet**, présentée par M. Dastre.

Depuis les expériences de Ollier sur les animaux, c'est une notion classique que les lambeaux de périoste, complètement détachés de leur lieu d'origine et transplantés à distance dans les tissus du même animal (sous la peau, par exemple), produisent du tissu osseux [1].

Divers chirurgiens ont essayé d'appliquer cette notion de physiologie expérimentale au traitement des pseudarthroses chez l'homme.

Nous avons fait, dans cet ordre d'idées, trois opérations de greffe périostique ou ostéopériostique sur des blessés de guerre atteints de grandes pertes de substance des os de l'avant-bras. Dans ces trois cas l'évolution a été aseptique, les malades ont été suivis pendant un temps suffisamment long pour que le résultat soit net, de telle sorte que ces opérations nous paraissent avoir la valeur d'expériences de laboratoire.

*Observation I.*

B... L..., 30 ans; blessé le 30 décembre 1915, balle en séton ayant traversé l'avant-bras droit et fracturé le radius à grand fracas. Suppuration abondante, extraction de nombreuses esquilles; cicatrisation complète fin avril 1916. L'examen clinique et la radiographie montrent que tout le tiers moyen du radius a disparu.

*Opération le* 21 *juin* 1916.

1° Par une longue incision, on découvre les deux extrémités osseuses et on les dénude; on fore ensuite à la vrille ces deux extrémités de manière à ouvrir le canal médullaire.

2° On prend alors un os de veau aseptisé par une ébullition de 25 minutes dans une solution de borate de soude. Dans le cas particulier il s'agit d'un morceau de côte, au préalable débarrassé de son périoste, creusé d'un canal longitudinal et de nombreux

[1] Ollier, *Traité expérimental et clinique de la régénération des os*, t. 1, p. 75.

orifices transversaux. Cet os ainsi préparé offre la même forme extérieure et les mêmes dimensions que le fragment de radius manquant.

On engage chacune de ses extrémités dans le canal médullaire correspondant du radius, on l'y fixe par deux sutures au catgut chromé : ainsi se trouve rétablie, par une tige d'os mort et stérilisé, la continuité entre les deux fragments du radius.

Dans notre pensée cette tige est placée pour servir de soutien et de moule au lambeau périostique transplanté.

3° On prélève, à la face interne du tibia du même malade, un lambeau périostique de 10$^{cm}$ de long sur 3$^{cm}$ de large. On a soin de comprendre dans ce lambeau la couche profonde dite *ostéogène*.

Ce transplant périostique est porté dans la plaie chirurgicale de l'avant-bras, étalé sur le transplant d'os de veau (dont il ne peut recouvrir que les $\frac{2}{3}$ de la surface) et fixé à chacune de ses extrémités, au *périoste radial* correspondant, par quelques points au catgut fin. Appareil plâtré (pendant 86 jours) pour bien immobiliser l'avant-bras et la greffe.

*Résultats de l'opération.* — Ni fièvre, ni suppuration. La greffe est parfaitement tolérée; elle forme une tige résistante qui a fait disparaître la dépression existant à l'avant-bras avant l'opération. Donc, au point de vue morphologique externe, le résultat est bon. Il n'en est pas de même au point de vue fonctionnel; à aucun moment de *la période d'observation qui a duré plus de cinq mois*, le greffon n'a pu transmettre les mouvements de pronation et de supination d'un fragment du radius à l'autre. Le but thérapeutique recherché n'a pas été atteint.

L'*examen radiographique*, qui a été pratiqué tous les mois, n'a décelé à aucun moment une production d'os nouveau pouvant être attribuée à la greffe périostique.

La dernière radiographie faite (25 novembre 1916) montre que le support d'os de veau est en pleine résorption.

*Observation II.* — Disparition de tout le tiers moyen du cubitus à la suite d'une blessure par balle.

L'opération a été conduite exactement comme dans notre premier cas, sauf que *la greffe, au lieu d'être purement périostique, a été ostéopériostique :* le ciseau qui séparait le périoste a mordu çà et là dans la couche corticale du tibia, de telle sorte que le transplant périostique était doublé à sa face profonde d'îlots osseux multiples.

*Suites opératoires* aseptiques. Tolérance parfaite de toutes les parties transplantées, mais pas de reconstitution osseuse : pas plus que le périoste pur, le périoste doublé d'îlots osseux n'a été le point de départ d'une néoformation osseuse.

Au 105e jour la radiographie montre que le tuteur d'os de veau est en voie de résorption.

*Observation III.* — Elle a été faite pour remédier à une perte de substance du cubitus moins étendue que la précédente ($4^{cm}$ au lieu de $7^{cm}$).

Nous avons encore eu recours à une greffe ostéo-périostique prise sur le tibia du patient. Comme tuteur, au lieu d'os de veau, nous avons interposé et fixé, entre les deux fragments du cubitus, une tige d'ivoire cylindrique, creusée d'un canal central et de nombreux orifices périphériques.

Le résultat thérapeutique a été plus favorable que dans les deux cas précédents, en ce sens que la continuité du cubitus est rétablie au niveau de la greffe par une production dure, de consistance osseuse, restituant au cubitus toute sa solidité.

La radiographie, faite tous les mois et en dernier lieu au 100e jour, montre qu'il n'y a pas de néo-formation osseuse; l'ivoire paraît à peu près intact.

*Conclusions.* — 1° Les transplantations de périoste seul et les transplantations de périoste doublé de minces îlots osseux ne nous ont pas donné de néo-formations osseuses.

2° Elles ont abouti à la constitution de blocs très durs, probablement de nature fibreuse.

3° Les tiges stérilisées en os ou en ivoire qui, dans nos opérations, ont servi de tuteurs aux greffes périostiques et ostéopériostiques agissent comme corps étrangers résorbables, et de ce fait doivent contribuer à la production du tissu fibreux.

La séance est levée à 16 heures.

A. Lx.

---

## *ERRATA.*

---

(Séance du 23 octobre 1916.)

Note de M. *W.-H. Young*, Les séries trigonométriques et les moyennes de Cesàro :

Page 428, dernière ligne, la formule doit être

$$\frac{1}{u}\int_0^u \left| d\left\{ f(x+u) - f(x-u) \right\} \right|.$$

Page 429, ligne 3, la formule doit être

$$\frac{1}{u}\int_0^u \left| d\left\{ \frac{f(x+u) + f(x-u) - 2f(x)}{u} \right\} \right|.$$

Page 430, ligne 2, la seconde formule doit être

$$\lim_{u=0} \frac{1}{u}\int_0^u \left| d\left\{ u^2 f'(u) \right\} \right| = 0.$$

Page 430, lignes 16 et 17, *au lieu de* $f(x)$, *lire* $f'(x)$.

(Séance du 4 décembre 1916.)

Note de M. *M. Brillouin*, Solution fondamentale (sources) dans un liquide pesant à surface libre :

Page 694, équation (2), *au lieu de* $\dot{\varphi}'$, *lire* $\varphi^{\cdot}$ ; équation (3), *au lieu de* $\varphi''$, *lire* $\varphi^{\cdot\cdot}$.
Page 695, équation (4), *au lieu de* $\mathfrak{T}''$, *lire* $\mathfrak{T}^{\cdot\cdot}$ ; équation (5), *au lieu de* $\varphi''$, *lire* $\varphi^{\cdot\cdot}$.
Page 696, équation (6), *au lieu de* $\dot{\mathfrak{T}}'$ et $\ddot{\mathfrak{T}}''$, *lire* $\mathfrak{T}^{\cdot}$ et $\mathfrak{T}^{\cdot\cdot}$.
Les points désignent des dérivées par rapport au temps.

(Séance du 11 décembre 1916.)

Note de M. *Ph. Glangeaud*, Les premières éruptions volcaniques (oligocènes) dans le géosynclinal lacustre de la Limagne :

Page 764, ligne 31, *au lieu de* sables argileux contournés, *lire* sables argileux couronnés.

FIN DU TOME CENT-SOIXANTE-TROISIÈME.

# COMPTES RENDUS

## DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

---

# TABLES ALPHABÉTIQUES.

JUILLET — DÉCEMBRE 1916.

## TABLE DES MATIÈRES DU TOME 163.

### A

ANATOMIE.

## CHIMIE ORGANIQUE



## CHIMIE PHYSIQUE.

D



E

## ÉLECTRICITÉ.

## F

## G



GÉOLOGIE.

## H

## I



## L



## M

MINÉRALOGIE.



N



O

OPTIQUE.



P

PALÉONTOLOGIE.

## PHYSIOLOGIE.



## PHYSIQUE.



## PHYSIQUE DU GLOBE.

## R



## S



## T

## V



## Z

ZOOLOGIE.

# TABLE DES AUTEURS.

## A



## B

## C

# D

E

F



G

## H

## I



## J

# K



# L

# M

## N



## O



## P

## R

## S

# T



# V

## W



## Y



## Z

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.
57653 Paris. — Quai des Grands-Augustins, 55.